



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL DE FI DE CARRERA

TÍTOL DEL TFC: Avaluació i validació dels models d'implantació d'una xarxa UMTS

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, especialitat Sistemes de Telecomunicació

AUTOR: Eva Haro Escudero

DIRECTOR: Felip Correas Bons

SUPERVISOR: Ramon Ferrús Ferré

DATA: 19 de juny de 2007

Títol: Avaluació i validació dels models d'implantació d'una xarxa UMTS

Autor: Eva Haro Escudero

Director: Felip Correas Bons

Supervisor: Ramon Ferrús Ferré

Data: 19 de juny de 2007

Resum

UMTS suposa un dels avenços més significatius de l'evolució de les telecomunicacions i permet que moltes més aplicacions i serveis s'introdueixin a la base mundial d'usuaris proporcionant un enllaç vital entre els actuals sistemes GSM i representa l'últim estàndard mundial per a totes les telecomunicacions. Les IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) són les normes mundials per a aquesta tercera generació de comunicacions inalàmbriques.

L'objectiu principal del projecte és participar en els canvis que s'estan portant a terme tant en la xarxa GSM com en la de UMTS a STA. Aquest seria el principal objectiu i el més general, ja que si volem concretar hauríem de mirar les dues xarxes per separat. Respecte a GSM la finalitat és optimitzar els anàlisis de cobertura i realitzar els estudis adequats, com drive tests per constatar que en el moment de desplegar la xarxa 3G tot és correcte. Per una altra part, respecte a UMTS les tasques són realitzar la planificació de totes les estacions bases, per fases, sobre el programa *ICT Telecom* i comprovar que els nivells de senyal són els adequats. A més, també és necessari fer comprovacions en el terreny i per tant es realitzaran els drive test adequats per assegurar el seu bon funcionament. Aquests podrien ser els objectius de cadascuna de les xarxes per separat. En el moment que el desplegament de la xarxa 3G ja s'ha portat a terme, la finalitat principal és veure les dades que podem extreure i veure el correcte funcionament entre les dues xarxes. A part de fer-ho en paper, també hem de fixar-nos en alguns aspectes, com pot ser el handover 3G→2G amb més drive tests. Aquestes són les tasques inicials que van sorgir a l'inici del projecte, però en realitat, durant la realització sorgeix un objectiu nou que tracta de comprovar les possibles ampliacions que es poden dur a terme per millorar la xarxa. En aquest punt es tracta d'estudiar les possibilitats d'introducció del HSDPA i elegir les possibles estacions base que puguin ampliar la xarxa combinant-lo amb els estudis de cobertura pertinents.

En aquest projecte comprovem l'evolució que sofreix una xarxa i els canvis que es realitzen per a poder arribar a oferir un nou servei. Observem les característiques generals de la xarxa GSM i en concret, les particularitats que existeixen a Andorra, ja que disposa de tota la banda de freqüències i les dos

BSS que formen la xarxa estan solapades per oferir un bon servei. Les simulacions de cobertura realitzades amb el programa *ICS Telecom* ens aporten una informació molt important per arribar a saber l'estat de la cobertura del país i ens permet introduir noves estacions per comprovar la interacció amb les demés i la cobertura que ens aporten.

De la mateixa manera veurem les característiques d'una xarxa UMTS amb les seves diferents parts. En aquest cas en concret, la divisió de la planificació del servei de UMTS en tres fases diferents ens ha ajudat a distribuir la planificació de les zones de cobertura, començant per les zones més poblades i amb un índex d'usuaris superior fins a arribar a les pistes d'esquí on, puntualment el volum d'usuaris augmenta. Amb la cobertura general del territori, hem pogut saber que una mica més de la meitat del país disposa de cobertura UMTS. Als apartats corresponents ja expliquem els motius d'aquest valor i la solució que s'està plantejant per tal d'augmentar aquest nivell de cobertura. Aquesta solució consistirà en ampliar el nombre d'estacions base per tal de proporcionar una cobertura continua i oferir un servei generalitzat a totes les zones.

Title: Evaluation and validation of the models of implantation of a UMTS network

Author: Eva Haro Escudero

Director: Felip Correas Bons

Date: June, 19th 2007

Overview

UMTS is one of the most significant advances in the evolution of telecommunications and allows many more applications and services to be introduced to a worldwide base of users providing a vital link between today's multiple GSM systems and the ultimate single worldwide standard for all mobile telecommunications. The International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000) are the world-wide norms for this third generation of wireless communications

The main goal of the project is to participate in the changes that are being carried out in the GSM network as in the UMTS of STA. This would be the main objective and the most general, since if we want to specify we should look at both networks separately. With respect to GSM the goal is to optimize the analyses of coverage and to carry out the suitable studies, like drive tests to check out that in the moment of displaying the 3G network everything is correct. On another part, with respect to UMTS the purposes are to carry out the planning of all the base stations, for phases, about the program ICT Telecom and to check out that the levels of signal are the suitable ones. Moreover, it is also necessary to check it out in the terrain and therefore will be carried out the drive test adapted to check out its good functioning. These could be the goals of each of the networks separately. In the moment that the deployment of the net 3G has already been carried out, the main objective is to see the datum that we can extract and to check out the correct functioning between both networks. Apart from making it on paper, we can also check out some aspects, as it can be the handover 3G→2G with more drive tests. These are the initial goals that appeared at the beginning of the project, but really, during the realization a new purpose that treats to check out the possible enlargements that can be carried out to improve the network appears. In this point it is a matter of studying the possibilities of introduction of the HSDPA and choosing the possible base stations that they can broaden the network combining it with the pertinent studies of coverage.

During this project we verified the evolution that undergoes a network and the changes that are made to be able to offer a new service. We observed the general characteristics of GSM network and in particular, the particularities

that exist in Andorra, since it has all the frequency band and the two BSS that form the network are overlapped to offer a good service. The cover simulations made with program ICS Telecom contribute with information to us very important to arrive to know the state of the cover of the country and it allows us to introduce new stations to verify the interaction with the others and the cover that contribute to us.

Of the same form, we will see the characteristics of a UMTS network with its different parts. In this case, the division of the planificacion of the service in three different phases has helped to distribute the planning of the zones to cover, beginning by the zones more populated and with a superior index of users until arriving at the ski runs where in some cases the volume of users increases. With the general cover of the territory, we have been able to know that a little more of a half of the country has UMTS cover. In the corresponding sections we explained the reasons for this value and the solution that we are considering with the purpose of increasing this level of cover. This solution will consist of extending the number of base stations to provide a continuous cover and to offer a whole service over all the zones.

ÍNDIX

INTRODUCCIÓ	1
CAPÍTOL 1. XARXA GSM	3
1.1. Definició	3
1.2. Característiques dels sistemes cel·lulars	3
1.2.1. Reús de freqüències	3
1.2.2. Assignació de canals	4
1.2.3. Gestió de la interfície ràdio	4
1.2.4. Interferències i capacitat del sistema	5
1.3. Característiques generals de GSM	5
1.3.1. Elements de la xarxa	5
1.3.2. Canals lògics	7
1.4. Xarxa GSM a Andorra	8
1.4.1. BSS Comella	8
1.4.2. BSS Santa Coloma	11
1.4.3. Cobertura total	14
CAPÍTOL 2. XARXA UMTS	15
2.1. Definició	15
2.2. Característiques dels sistemes cel·lulars basats en CDMA	15
2.3. Arquitectura general de UMTS	16
2.3.1. Descripció	16
2.3.2. Protocols generals d'arquitectura	17
2.3.3. Tecnologies d'accés	17
2.4. Característiques generals de UTRAN	18
2.4.1. Canals de transmissió	18
2.4.2. Arquitectura de la UTRAN	18
2.5. Arquitectura del Core Network	22
2.6. Equipament d'usuari	22
2.6.1. Targeta USIM	23
2.7. Xarxa UMTS a Andorra	23
2.7.1. Serveis UMTS per al disseny	24
2.7.2. Arquitectura de la UTRAN	25
2.7.3. Definició de les antenes	26
2.7.4. Link budget	27
2.7.5. Cel·les UMTS	31
2.7.6. Àrees de cobertura per fases	33

CAPÍTOL 3. CONVIVÈNCIA ENTRE LA XARXA GSM I UMTS A ANDORRA	40
3.1. Requeriments tècnics.....	40
3.2. Configuracions possibles	41
3.2.1. Configuració amb diplexors (Alimentador comú).....	41
3.2.2. Configuració sense diplexors (Instal·lació d'un nou cable d'alimentació)	42
3.3. Cobertura i capacitat	42
3.4. Estadístiques	43
CAPÍTOL 4. AMPLIACIONS FUTURES.....	47
4.1. HSDPA	47
4.1.1. Introducció	47
4.1.2. Estratègia d'introducció de HSDPA a la xarxa	47
4.1.3. Proposta de possible estratègia d'introducció de HSDPA	48
4.2. Nous emplaçaments	48
CONCLUSIÓ	50
ANNEX I.....	51
1. Canals lògics de GSM	51
1.1. Canals de tràfic (TCH).....	51
1.2. Canals de control (CCH)	51
2. GSM a Andorra	54
2.1. Distribució de cel·les de la Comella	54
2.2. Distribució de cel·les de Santa Coloma	55
3. Canals de transmissió de UMTS.....	56
3.1. Canals lògics	57
3.2. Canals de transport.....	57
3.3. Canals físics	58
4. Antenes utilitzades. Característiques	59
5. Dades de les gràfiques	63
5.1. Abans del llançament de la xarxa 3G	63
5.2. Després del llançament de la xarxa 3G	64
ANNEX II.....	65
1. UMTS link budget spreadsheet.....	65
1.1. Principis de càlcul	65
1.2. Ambients.....	69
2. Paràmetres comuns	70
2.1. Part general del link budget.....	70
2.2. Característiques uplink.....	70
2.3. Característiques downlink	71
2.4. Part capacitiva del link budget	71

2.5.	Marges del link budget	71
2.6.	Dimensionat de la cèl·lula.....	72
3.	Paràmetres servei a servei	73
3.1.	Part general del link budget.....	73
3.2.	Part capacitiva del link budget	75
3.3.	Marges del link budget	77
3.4.	Dimensionament de la cel·la.....	79
ANNEX III.....	80	
1.	Network Design and Analysis for TETRA and GSM.....	80
1.1.	Capturing and expressing the requirements.....	80
1.2.	Network planning and analysis	88
1.3.	Mobile aspects	108
1.4.	Network optimisation.....	113
2.	Network Design and Analysis for W-CDMA.....	114
2.1.	W-CDMA parameters and Traffic model	114
2.2.	Finding sites.....	116
2.3.	Network Calculation	121
2.4.	Network Analysis.....	122
2.5.	Network optimization.....	126
2.6.	PN codes in ICS Telecom / HTZ Warfare (IS 95/ CDMA 1X).....	129
2.7.	MGW System analysis	132
2.8.	Adaptive modulation.....	138
ACRÒNIMS.....	141	
BIBLIOGRAFIA	144	

INTRODUCCIÓ

El sistema mòbil universal de les telecomunicacions (UMTS) s'ha previst com el successor del GSM. UMTS suposa el canvi a una tercera generació de xarxes mòbils i tracta la creixent demanda del mòbil i de les aplicacions d'internet. La nova xarxa augmenta la velocitat de transmissió a 2Mbps per usuari.

Suposa un dels avenços més significatius de l'evolució de les telecomunicacions i permet que moltes més aplicacions i serveis s'introdueixin a la base mundial d'usuaris proporcionant un enllaç vital entre els actuals sistemes GSM i l'últim estàndard mundial per a totes les telecomunicacions. Les IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications-2000*) són les normes mundials per a aquesta tercera generació de comunicacions inalàmbriques.

L'objectiu principal del projecte és participar en els canvis que s'estan portant a terme tant en la xarxa GSM com en la de UMTS a STA. Aquest seria el principal objectiu i el més general, ja que si volem concretar hauríem de mirar les dues xarxes per separat.

Respecte a GSM la finalitat és optimitzar els anàlisis de cobertura i realitzar els estudis adequats, com *drive tests* per constatar que en el moment de desplegar la xarxa 3G tot és correcte. Per una altra part, respecte a UMTS les tasques són realitzar la planificació de totes les estacions bases, per fases, sobre el programa *ICT Telecom* i comprovar que els nivells de senyal són els adequats. A més, també és necessari fer comprovacions en el terreny i per tant es realitzaran els *drive test* adequats per assegurar el seu bon funcionament.

Aquests podrien ser els objectius de cadascuna de les xarxes per separat. En el moment que el desplegament de la xarxa 3G ja s'ha portat a terme, la finalitat principal és veure les dades que podem extreure i veure el correcte funcionament entre les dues xarxes. A part de fer-ho en paper, també hem de fixar-nos en alguns aspectes, com pot ser el handover 3G→2G amb més *drive tests*.

Aquestes són les tasques inicials que van sorgir a l'inici del projecte, però en realitat, durant la realització sorgeix un objectiu nou que tracta de comprovar les possibles ampliacions que es poden dur a terme per millorar la xarxa. En aquest punt es tracta d'estudiar les possibilitats d'introducció del HSDPA i elegir les possibles estacions base que puguin ampliar la xarxa combinant-lo amb els estudis de cobertura pertinents.

Principalment, el treball realitzat s'ha distribuït en quatre parts. La primera, explica l'arquitectura d'una xarxa GSM en general i, en el cas d'Andorra les particularitats que existeixen. A més, s'han realitzat estudis de cobertura tant amb simulacions com realitzant *drive tests*, que consisteixen en realitzar trucades amb un mòbil connectat a un ordinador per poder comprovar tant si el nivell de senyal es correcte com si es realitzen correctament els *handovers*. Els resultats de les simulacions de cobertura s'exposen en el treball realitzat mentre que els del *drive test* es van utilitzar en el moment del desplegament

comercial de la xarxa 3G per comprovar que no hi havia cap problema entre les dues.

La segona part tracta l'estudi de la xarxa UMTS. De la mateixa manera que en GSM s'explica la seva estructura així com les particularitats. En aquest cas s'estudia la xarxa en diferents parts ja que la planificació de la xarxa es fa en tres fases de cobertura diferents.

A la tercera part es tracta la convivència entre les dues xarxes a Andorra. Amb les estadístiques s'intenta comprovar que realment el disseny ha estat l'adequat i els resultats han estat satisfactoris.

Per acabar, farem una visió ràpida dels possibles futurs canvis que s'introduiran a la xarxa per tal de millorar-la. Aquests canvis són la introducció del HSDPA i els nous emplaçaments per tal d'augmentar el nivell de cobertura del país.

CAPÍTOL 1. XARXA GSM

1.1. Definició

GSM correspon a les sigles de *Global System for Mobile communications* (Sistema Global per les Comunicacions Mòbils), abans conegut com *Group Special Mobile* és un estàndard mundial per a telèfons mòbils digitals. L'estàndard es va crear per CEPT i posteriorment desenvolupat per ETSI com un estàndard per a telèfons mòbils europeus, amb la intenció de desenvolupar una normativa que fos adoptada mundialment.

1.2. Característiques dels sistemes cel·lulars

En aquest apartat s'exposen alguns dels conceptes fonamentals dins dels sistemes cel·lulars que no només són propis de GSM.

El concepte cel·lular planteja trencar les grans àrees de cobertura de transmissions radio mòbils en àrees més petites, que permetin el reús dels recursos en punts suficientment separats com per a gaudir d'aïllament radioelèctric. Aquest concepte va ser un gran avanç en la resolució del problema de la congestió espectral i de la capacitat de l'usuari.

La idea d'un sistema cel·lular consisteix en assignar a cada estació base una part del total de canals disponibles al sistema i, a les estacions base properes s'assignen diferents grups de canals, de manera que els canals disponibles es reparteixen en tota una regió i poden ser reutilitzats tantes vegades com sigui necessari, sempre que la interferència entre les estacions amb un mateix canal es mantingui per sota d'uns nivells. Aquest principi (reús de freqüències) és el fonament de molts sistemes de comunicació sense fils i, en particular del GSM.

1.2.1. Reús de freqüències

Els sistemes de radio cel·lulars estan basats en la col·locació, així com en el reús dels canals a través d'una regió de cobertura. El procés de dissenyar, seleccionar i col·locar els grups de canals en cadascuna de les estacions base del sistema s'anomena planificació de freqüències.

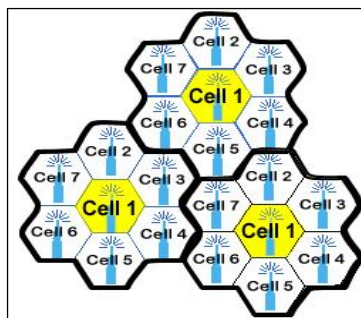


Fig. 1.1 Reús freqüencial

La figura 1.1 il·lustra el concepte del reús de freqüències, on les cel·les amb el mateix número utilitzen el mateix grup de canals. La forma hexagonal que es pot observar és únicament conceptual i és un model de la cobertura per a cada estació base.

1.2.2. Assignació de canals

Per un us eficient de l'espectre radioelèctric, necessitem un sistema de reús de freqüències que permeti l'augment de la capacitat del sistema i que, per contra, minimitzi les interferències. Existeixen una gran varietat de mecanismes d'assignació de canals, però tots els podem classificar en estàtics o dinàmics. L'elecció d'un mecanisme o altre influirà en les característiques del sistema, en concret, en la gestió de les trucades si un usuari canvia de cel·la (*Handover*).

En els mecanisme d'assignació estàtica, a cada cel·la se li assigna un grup de canals. Qualsevol trucada que es produeixi en aquesta cel·la només podrà utilitzar els canals assignats a la mateixa. En el cas en que tots els canals estiguin ocupats, la trucada es bloqueja i l'usuari no disposa de servei.

En l'assignació dinàmica, els canals no es distribueixen de manera concreta entre les cel·les. Cadascun dels canals estan disponibles en un conjunt de cel·les i cada vegada que hi ha un requeriment de trucada l'estació base (BSC) pot assignar qualsevol d'aquests canals a qualsevol cel·la del conjunt.

1.2.3. Gestió de la interfície ràdio

Donat que el nombre de canals ràdio és menor que el nombre total d'usuaris potencials, els canals bidireccionals només s'assignen si són necessaris. Aquesta és la principal diferència amb la telefonia estàndard, on cada terminal està contínuament unit al commutador encara que no hi hagi una trucada en procés.

En una xarxa mòbil, com GSM, els canals ràdio s'assignen dinàmicament. L'usuari que està en espera ha d'estar atent a les possibles trucades que es poden produir, escoltant un canal específic. Aquest canal transporta missatges de "búsqueda" (*paging messages*) i té la funció d'avisar a l'usuari quan està rebent una trucada. Aquest canal s'emet en totes les cel·les.

L'establiment de qualsevol trucada, ja sigui el mòbil l'origen o el destí de la trucada, requereix medis específics pels quals l'estació mòbil pugui accedir al sistema per obtenir un canal. Aquest procediment d'accés es realitza sobre un canal específic del mòbil a la base. Aquest canal, que també envia els missatges de *paging*, és conegut com canal comú ja que envia informació des de i cap al mòbil al mateix temps. Als canals assignats durant un període de temps se'ls anomena canals dedicats. Si ens basem en aquesta distinció podem definir dos estats:

- Mode desocupat (*idle*), on el mòbil escolta.

- Mode dedicat, en el que s'assigna un canal bidireccional a l'estació mòbil per a les necessitats de comunicació.

1.2.4. Interferències i capacitat del sistema

El principal factor que limita el desenvolupament dels sistemes cel·lulars és la interferència. Les fonts d'interferència inclouen a altres estacions mòbils dins de la mateixa cel·la o altres sistemes que introdueixen energia dins de la banda de freqüència del sistema cel·lular. Els dos tipus principals d'interferències són:

- Interferències co-canal: Degudes al reús de freqüències, el que implica que en un àrea de cobertura hi hagi diferents cel·les que utilitzen el mateix grup de freqüències.
- Interferències de canal adjacent: Provocades per la imperfecció dels filtres als receptors que permeten a les freqüències properes introduir-se dins de la banda passant.

Als sistemes cel·lulars ràdio, els nivells de potència que es transmeten estan sota un control constant de les estacions base. Això es fa per assegurar que cada mòbil transmet la potència mínima necessària.

1.3. Característiques generals de GSM

GSM és un sistema cel·lular basat en la tecnologia de banda estreta TDMA (*Time Division Multiple Access*), on les bandes de freqüència disponibles es divideixen en *time slots* i cada usuari té accés a un *time slot* en intervals regulars. TDMA de banda estreta permet vuit comunicacions simultànies sobre una única portadora de 200 KHz i està dissenyada per suportar 16 canals *half-rate* (dos usuaris comparteixen un mateix *time slot* no simultàniament). En l'esquema de TDMA la unitat fonamental de temps és anomenada *burst period*. Vuit *burst period* s'agrupen formant una ràfega TDMA, la qual forma la unitat bàsica per la definició dels canals lògics.

GSM té quatre versions principals: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. GSM-900 (900 MHz) i GSM-1800 (1,8 GHz) són utilitzades a la major part del món, excepte a Estats Units, Canadà i la resta d'Amèrica Llatina que utilitzen CDMA, on s'utilitzen les bandes de GSM-850 y GSM-1900 (1,9 GHz).

1.3.1. Elements de la xarxa

Un sistema GSM està dissenyat bàsicament com una combinació de dos subsistemes:

- BSS: *Base Station Subsystem*.
- NSS: *Network and Switching Subsystem*.

Amb l'objectiu d'assegurar que els operadors de xarxa tenen suficients fonts per a l'equipament de la infraestructura cel·lular, GSM a part d'especificar la interfície ràdio també defineix les interfícies que identifiquen les diferents parts. Hi ha tres principals:

- Um, entre el MS (*Mobile Station*) i la BTS (*Base Transceiver Station*).
- Abis, entre la BTS i la BSC (*Base Station Controller*).
- La interfície A entre BSS i NSS.

La BSS inclou l'equipament i les funcions relacionades amb el control de les connexions. Principalment està formada per una BTS, una BSC i el seu component associat: la TRAU (*Transcoder/Rate Adaptation Unit*).

La NSS inclou l'equipament i les funcions relacionades amb trucades extrem a extrem, la gestió dels subscriptors, la mobilitat i les interfícies amb la xarxa fixa anomenada PSTN (*Public Switched Telephone Network*). En particular, està formada per la MSC (*Mobile services Switching Center*), el VLR (*Visitor Location Register*), el HLR (*Home Location Register*) i el AuC (*Authentication Center*).

A la figura 1.2 podem observar l'arquitectura d'una xarxa GSM.

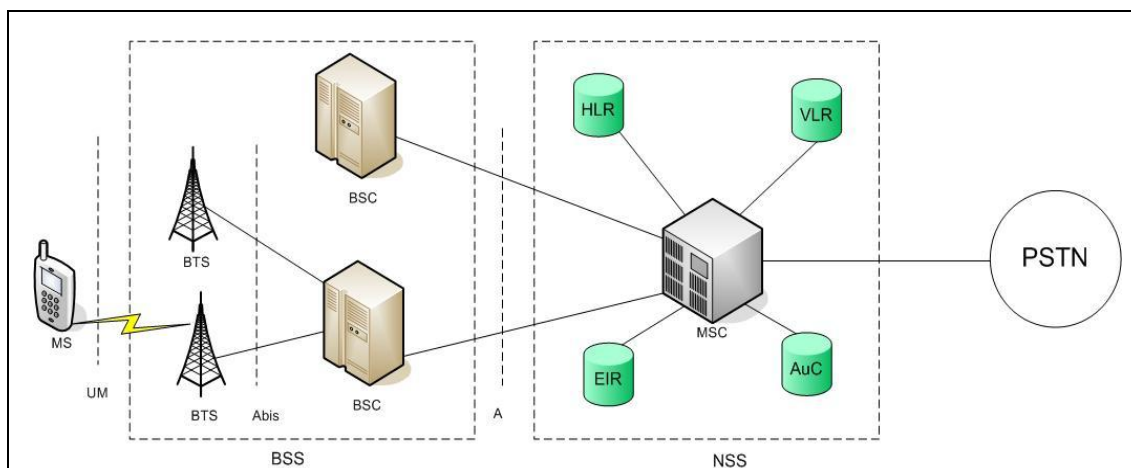


Fig. 1.2 Arquitectura d'una xarxa GSM

2.1.1.1. Subsistema de l'estació base (BSS)

Totes les funcions relacionades amb la part ràdio es porten a terme a la BSS, que consisteix en BSCs i BTSSs. La seva missió es pot resumir en connectar l'estació mòbil i el NSS.

- BSC: S'encarrega de proporcionar totes les funcions de control i els enllaços físics entre la MSC i la BTS. És un switch de gran capacitat que proporciona funcions com el *handover* i el control de potència a les BTSSs. Varies BSCs poden estar connectades a una mateixa MSC.

- BTS: És l'equip ràdio necessari (transreceptors i antenes) per a donar servei en cada cel·la de la xarxa. Un conjunt de BTSs son controlades per una BSC.

2.1.1.2. Subsistema de xarxa (NSS)

Inclou les principals funcions de commutació en GSM, així com les bases de dades necessàries per les dades dels abonats i per a la gestió de la mobilitat. La seva funció principal és gestionar les comunicacions entre els usuaris de GSM i els usuaris d'altres xarxes de comunicació. Està format per les següents unitats:

- MSC: Realitza les funcions bàsiques de commutació i la seva funció principal és coordinar l'establiment de trucades cap a i des dels usuaris. La MSC té interfícies amb la BSS per un costat i amb xarxes externes per un altre.
- HLR: És una base de dades que conté la informació de l'abonat relativa al subministrament dels serveis de telecomunicació, independentment de la posició en la que es trobi l'usuari. També inclou informació referent a la posició actual de cada abonat.
- VLR: És una base de dades que s'associa a una o més MSCs i conté informació temporal referent als subscriptors que necessita la MSC per a donar servei a abonats visitants.
- AuC: Proporciona els paràmetres d'autenticació i encriptació que identifiquen la identitat de l'usuari i asseguren la confidencialitat de cada trucada.
- EIR: És una base de dades que conté informació sobre la identitat de l'equip mòbil que protegeix de les trucades des de mòbils robats, no autoritzats o defectuosos.

2.1.1.3. Centre d'operacions i manteniment (OMC)

El centre d'operacions i manteniment (OMC) està connectat a tot l'equipament del subsistema de xarxa (NSS) i a les BSCs. La implementació del OMC és el que s'anomena sistema d'operació i suport (OSS). El OSS és l'entitat funcional des d'on es poden controlar els diferents sistemes de la xarxa.

1.3.2. Canals lògics

Les especificacions de GSM defineixen diferents canals lògics que transmeten les dades d'usuari a més de proporcionar el control de la xarxa. Aquests canals es poden separar principalment en dues categories: canals de tràfic (TCH) i canals de control (CCH).

Al punt 1 de l'annex 1 podem observar la classificació dels canals segons les dues categories abans esmentades.

1.4. Xarxa GSM a Andorra

La xarxa d'Andorra té una distribució molt característica que possiblement no trobarem a cap més país. La seva particularitat és que està formada per dos BSS i tant una com l'altra ofereixen cobertura a tot el territori. Aquesta distribució ofereix la possibilitat de donar cobertura a tots els usuaris amb només una BSS. Encara que aquesta possibilitat existeixi, en realitat, la cobertura oferta per la xarxa d'STA ve suportada per les dues BSS.

La disponibilitat de tota la banda de freqüència implica que pugui existir un reús de freqüències reduït, fet que provoca que el solapament entre les cobertures de cadascuna de les BSC sigui possible. Aquest solapament es dona principalment per redundància i pel fet que durant dates concretes, com pot ser Nadal, Setmana Santa... hi ha un augment notable d'usuaris connectats a la xarxa d'STA que provoquen un pic de tràfic important que s'ha de suportar.

La configuració de les BSS es pot observar a la figura següent.

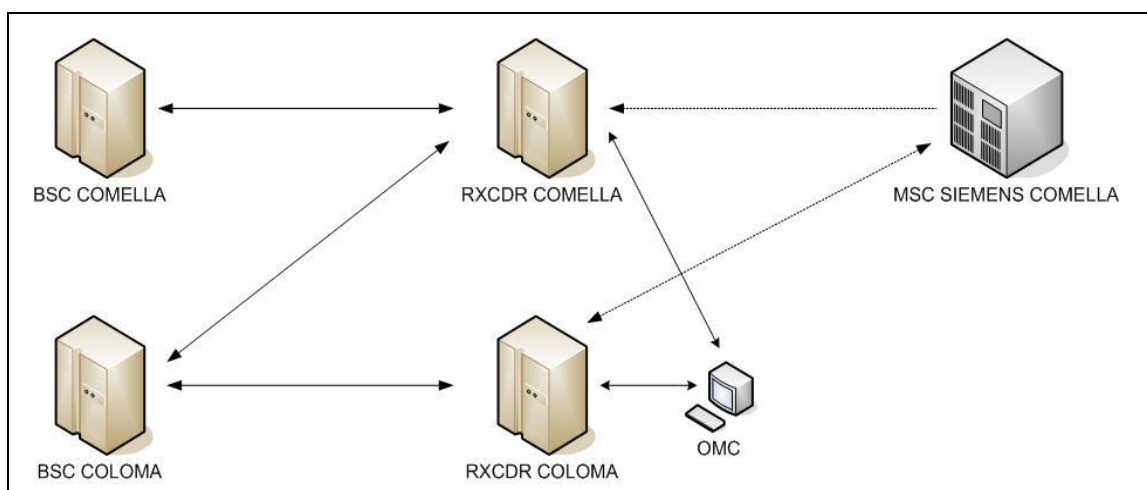


Fig. 1.3 Arquitectura de les BSS

El RXCDR (Transcoder remot) correspon a la TRAU que porta a terme la codificació i descodificació de la veu.

Cadascuna de les BSCs està situada en una localització diferent. Així, tenim que una es troba a Santa Coloma i l'altra a la Comella.

Les característiques de cadascuna d'elles les podem veure a continuació.

1.4.1. BSS Comella

La BSS de Comella està formada per 37 *sites* i 59 cel·les. La distribució de les cel·les la podem observar al punt 2.1 de l'annexe 1.

A la taula 1.1 podem veure els *sites* que corresponen a la BSS de la Comella.

Taula 1.1. *Sites* de la Comella

Pas	Arans	Portella	Escorxada
Santa Coloma	Andorra	Pic Negre	Túnels
Pyrenees 1800	Margineda	Llorts	Arcalís
Pardines	Pal pistes	Sornàs	Ransol CT
Soldeu mini	Sant Julià	La Massana	Feda2
Maia	Comella	Ransol	Soldeu
Goma	Bts mòbil	ITV	Túnel Pas
Aliga	Polícia	Feda omni	
Ordino	Canòlic	Encamp	
Canillo	Meritxell	Sant Ermengol 1800	

Al mateix punt de l'annexe podem veure el nombre de sectors que hi ha per cada *site*. Es disposa d'antenes omnidireccionals, amb dos sectors i amb tres. A la figures següents podem observar la distribució dels *sites* per tot el territori així com la cobertura que ofereix la BSS.

Per realitzar les simulacions de cobertura hem utilitzat el programa *ICS Telecom*. Disposem d'un petit manual d'usuari a l'annex 3.

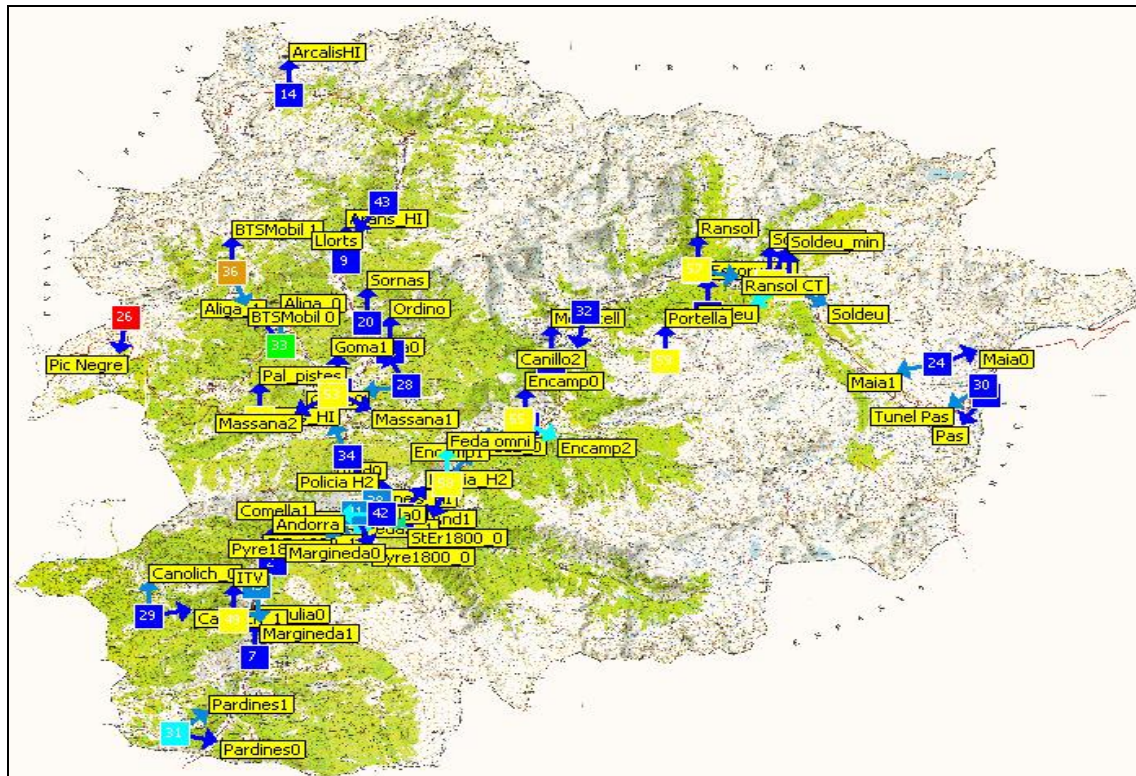


Fig. 1.4 Distribució de les BTSs

Es pot observar que els *sites* estan situats de tal manera que dibuixen les dos valls, les quals convergeixen a Escaldes i que tant aquí com a la zona d'Andorra la Vella és on hi ha més nombre d'estacions base. Això és degut

bàsicament a que en aquestes zones és on es concentra la majoria de la població, el que provoca que el servei hagi d'estar més reforçat per a donar cobertura a tots els possibles usuaris.

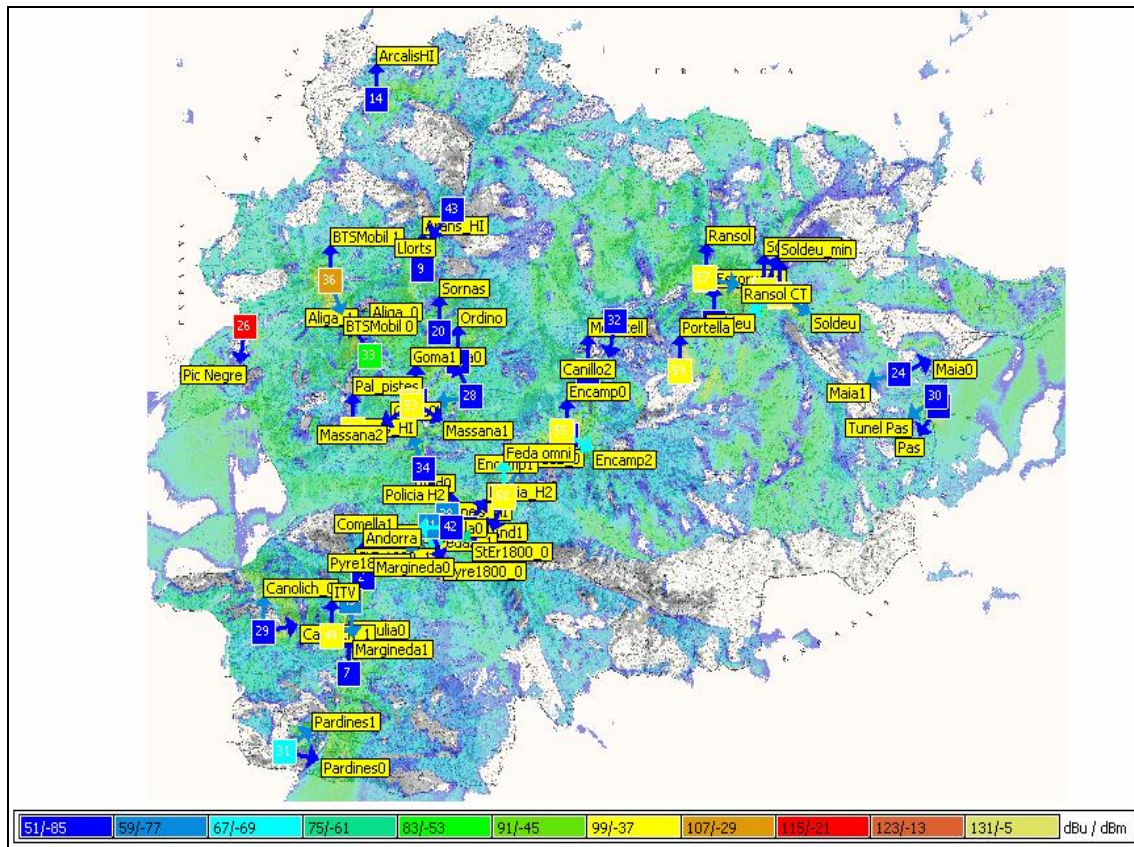


Fig. 1.5 Cobertura

A la figura 1.5 podem veure la distribució de cobertura que ofereix la BSS de la Comella. Podem observar que hi ha algunes parts del territori sense cobrir, encara que això no és gaire important ja que aquestes corresponen a zones sense un nivell d'abonats representatiu. En canvi, a les zones amb més densitat de població com poden ser Andorra la Vella, Escaldes, Sant Julià... es pot observar que el nivell de cobertura és l'adequat. El nivell òptim a GSM, per les cobertures outdoor, està entre -85 i -80 dBm, per sota d'aquests valors la cobertura deixa de ser òptima.

Mitjançant una aplicació del programa hem obtingut un valor de cobertura del 76,3%, el que suposa una cobertura suficient de les zones centrals. Hem de tenir en compte que a bona part del territori no hi ha zones urbanes sinó que només es tracta de muntanyes el que fa que aquestes zones no siguin especialment delicades a l'hora de cobrir.

Els valors de cobertura obtinguts van ser contrastats amb els resultats de *drive tests* realitzats constatant els nivells adequats de cobertura. Existeixen

limitacions a l'hora d'expressar les mesures en un format diferent a l'utilitzat en el programa de test i per tant no podem reflectir-los en aquest projecte.

A la figura següent podem veure una imatge de la zona central d'Andorra que comprèn des de la Massana i Encamp fins a Sant Julià. Cadascun dels punts vermells corresponen als llocs on s'ha fet la mesura del senyal i podem comprovar que aquesta té un nivell òptim en tots el casos.

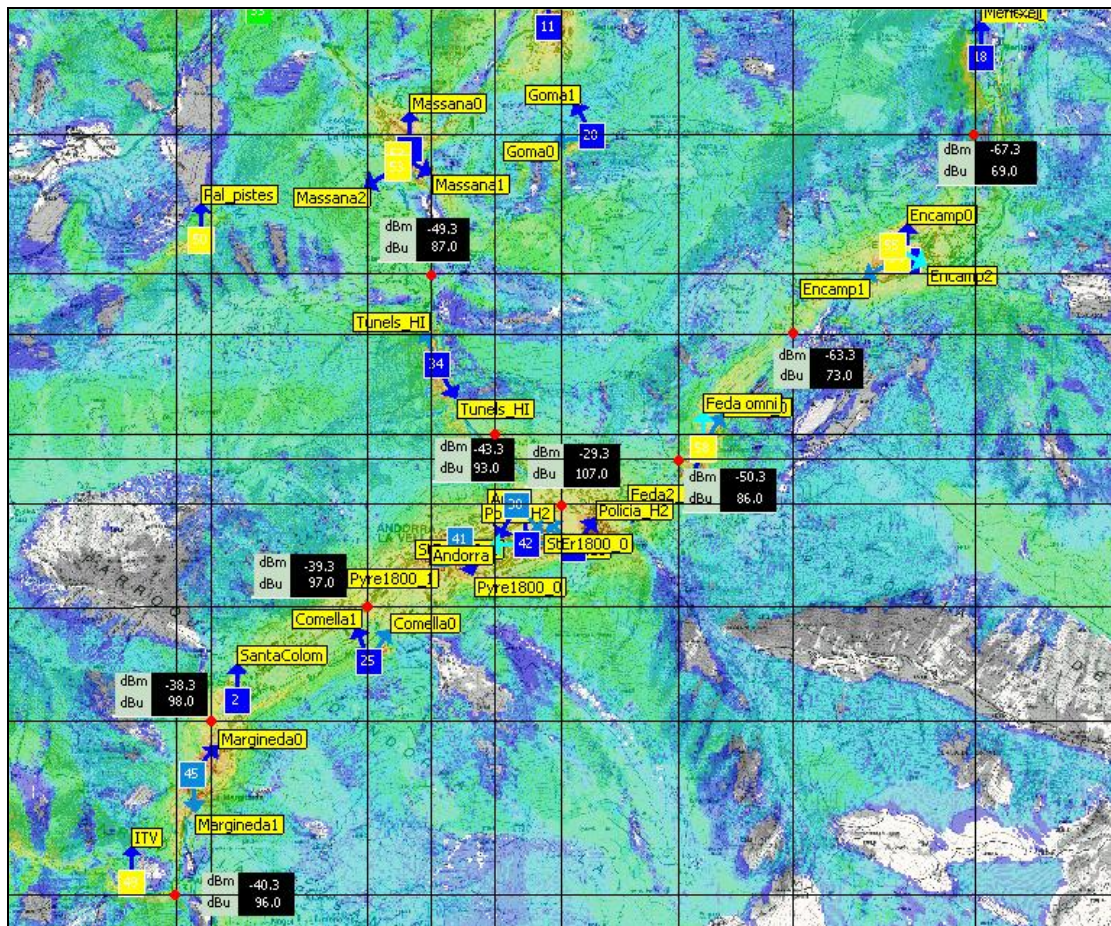


Fig. 1.6 Nivell de senyal

1.4.2. BSS Santa Coloma

La BSS de Santa Coloma està formada per 31 *sites* i 54 cel·les. La distribució dels cel·les la podem observar al punt 2.2 de l'annexe 1.

A la taula 1.2 podem veure els *sites* que corresponen a la BSS de Santa Coloma.

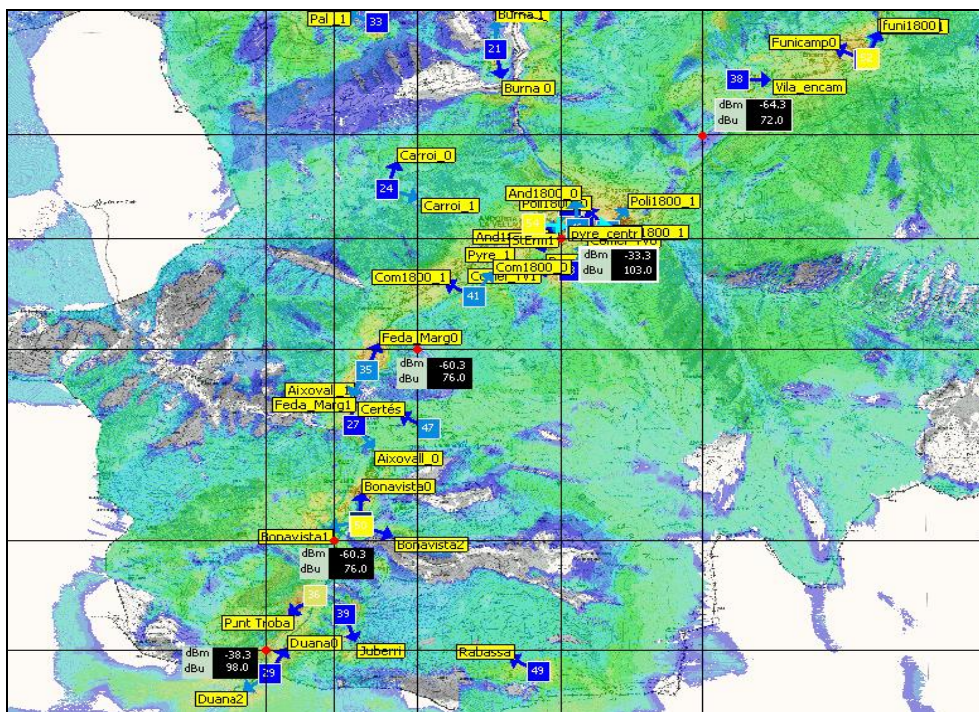


Fig. 1.9 Nivell de senyal

1.4.3. Cobertura total

A la figura 1.10 podem veure la cobertura general del país. En total hi ha un 85,9% de territori cobert i podem comprovar que la senyal té un valor adequat.

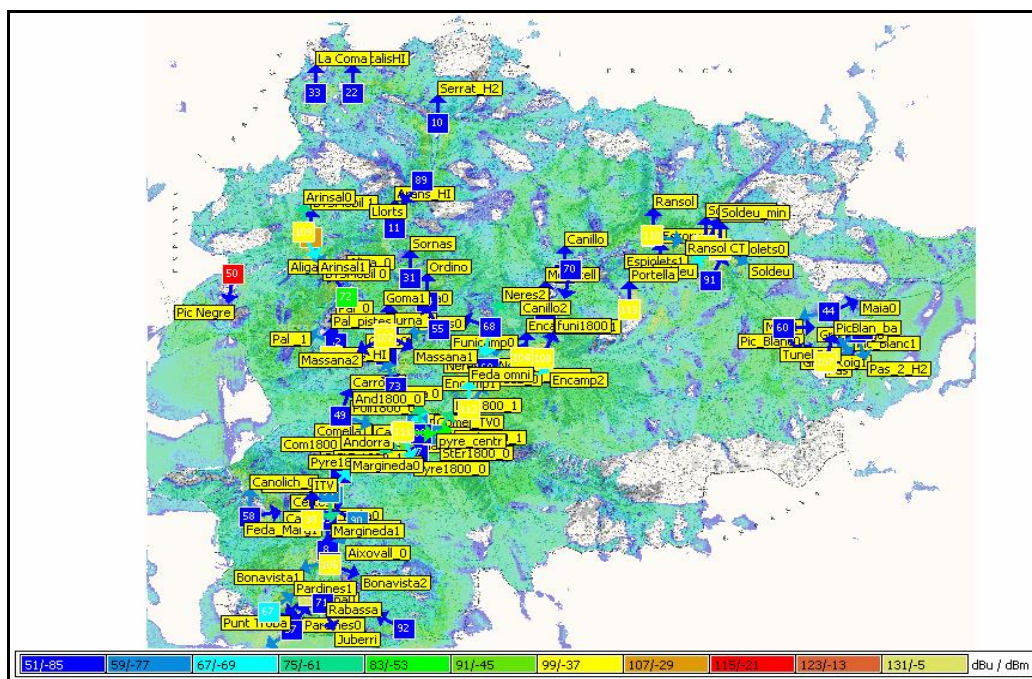


Fig. 1.10 Cobertura total

CAPÍTOL 2. XARXA UMTS

2.1. Definició

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Service*) és una tercera generació de banda ampla, amb transmissió basada en paquets, veu digitalitzada, vídeo i multimèdia a una velocitat de transmissió de dades de 2Mbps. És una comunicació terrestre basada en una interfície radio W-CDMA coneguda com UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Acces*) i suporta tant divisió dúplex en temps (TDD) com en freqüència (FDD). Ofereix un sistema constant de serveis a usuaris mòbils sense tenir importància la localització del mateix. UMTS està basat en l'estàndard de comunicacions de GSM.

UMTS està sent desenvolupat per 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), un projecte comú en el que col·laboren ETSI (Europa), ARIB/TCC (Japó), ANSI T-1 (USA), TTA (Corea), CWTS (Xina).

2.2. Característiques dels sistemes cel·lulars basats en CDMA

CDMA (*Code Division Multiple Acces*) té el seu fonament teòric en les tècniques d'espectre expandit (*spread spectrum*). Amb aquesta tècnica, la senyal ocupa un ample de banda molt superior al que seria estrictament necessari per a la transmissió. Com a conseqüència d'aquest ample de banda i del mètode que s'utilitza per expandir la senyal, aquesta que s'obté és semblant al soroll blanc.

Amb aquesta tècnica s'aconsegueixen resoldre problemes com els esvaïments multitrajecte i la interferència que prové d'altres usuaris del sistema. A més, el CDMA té entre altres, els següents avantatges (veure [8]):

- Major capacitat.
- Millor qualitat de veu.
- Disminució del número de trucades interrompudes en traspassos.
- Possibilitat de compartir la banda amb altres sistemes.

El procés per obtenir una senyal d'espectre expandit consisteix en multiplicar la senyal d'informació per la seqüència d'expansió de l'usuari, transmetre i, en recepció multiplicar la senyal de nou per la mateixa seqüència i fer el procés per recuperar la senyal original. Al procés de multiplicar en transmissió s'anomena expansió (*spreading*) ja que origina l'expansió de la senyal de banda estreta a tota la banda de freqüències. De la mateixa manera al procés de multiplicació en recepció s'anomena compressió (*despread*).

Algunes característiques de l'aplicació de les tècniques CDMA en comunicacions mòbils són les següents:

- Factor de reús: Poden utilitzar-se les mateixes freqüències en una cel·la i en l'adjacent.
- Control de potència: És necessari realitzar-lo degut a l'efecte aprop/lluny pel qual si tots els usuaris utilitzen la mateixa freqüència, les senyals dels emissors més propers a l'estació base arribarien amb més potència que els més llunyans i aquests quedarien emmascarats.
- Interferència: Es redueix respecte als sistemes anteriors gracies a l'us de senyals de banda ampla.
- Capacitat: CDMA té una major capacitat que els sistemes basats en FDMA o TDMA, en un sistema multicel·lular.
- Traspàs amb continuïtat: Permet un traspàs d'una cel·la a una altra de tal manera que no existeixin microtalls.
- Respiració cel·lular: El radi cel·lular no està limitat per geometria o propagació, sinó fonamentalment per la capacitat. A major càrrega menor radi.

2.3. Arquitectura general de UMTS

2.3.1. Descripció

A la figura següent podem observar l'arquitectura simplificada d'una xarxa UMTS.

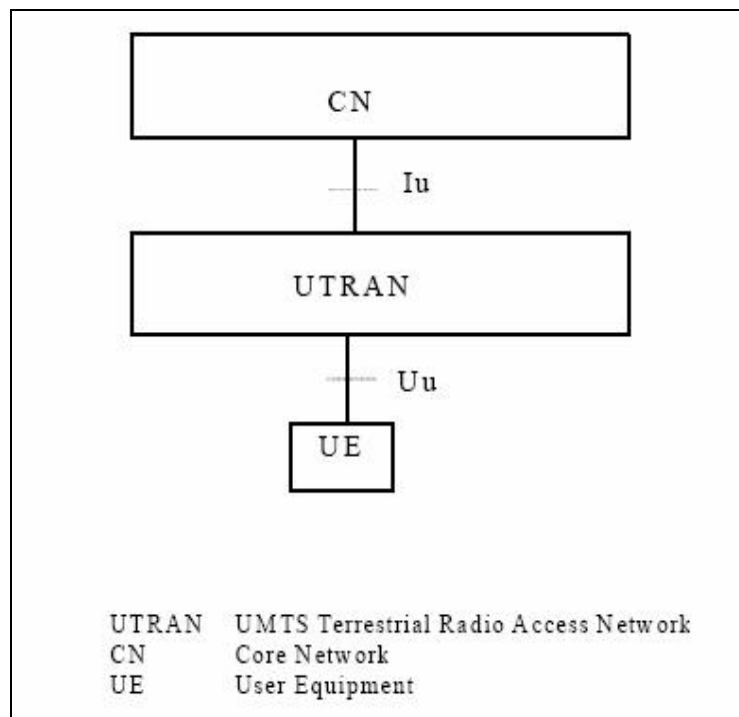


Fig. 2.1 Arquitectura d'una xarxa UMTS

Podem dividir una xarxa UMTS en tres elements principals:

- El Core Network o nucli de xarxa, incorpora funcions de transport i d'intel·ligència. A través del CN, UMTS es connecta a altres xarxes de telecomunicacions.
- La UTRAN o xarxa d'accés ràdio, proporciona la connexió entre el terminals mòbils i el CN.
- El UE que correspon al terminal mòbil.

2.3.2. Protocols generals d'arquitectura

Els protocols a través de les interfícies Uu i lu es poden dividir en dos estructures diferents:

- Protocols d'usuari: Són protocols que implementen l'actual servei d'*access bearer*, que consisteixen en el transport de les dades d'usuari a través de la capa d'accés.
- Protocols de control: Són protocols que serveixen per controlar el *access bearer* i la connexió entre el UE i la xarxa des de diferents aspectes.

2.3.3. Tecnologies d'accés

La possibilitat d'operar tant en FDD com en TDD permet un us més eficient de l'espectre disponible.

2.3.3.1. FDD

Mètode dúplex pel qual la transmissió uplink i la downlink utilitzen dos bandes de freqüència separades:

- Uplink: 1920 MHz – 1980 MHz
- Downlink: 2110 MHz – 2170 MHz

Cada portadora té un ample de banda de 5 MHz i el canal uplink està separat 190 MHz del downlink. Per tant, hi ha 12 parelles de portadores.

FDD és el mode més adequat per aplicacions macrocel·lulars.

2.3.3.2. TDD

Mètode dúplex pel qual les transmissions uplink i downlink es transporten a una mateixa freqüència utilitzant intervals de temps sincronitzats. En aquest cas la portadora també utilitza una banda de 5 MHz.

TDD és el mode més adequat per la part senar de l'espectre ja que cada *time slot* pot ser assignat a una direcció diferent. Ofereix una gran flexibilitat per

manejar tràfic duplexat i asimètric. L'espectre TDD pot ser utilitzat per una cobertura de mobilitat reduïda en àrees urbanes.

2.4. Característiques generals de UTRAN

La xarxa d'accés ràdio (UTRAN) proporciona la connexió entre els terminals mòbils (UE) i el *Core Network* (CN) a través de la interfície lu.

UTRA està basat en CDMA amb dos tècniques d'accés diferents. La primera està basada en el sistema FDD (*Frequency Division Duplex*) que utilitza dos bandes de freqüència de 5 MHz, i la segona basada en TDD (*Time Division Duplex*) per quan només disposem d'una banda. Els dos sistemes tenen una velocitat de 3,84 Mchips/s.

Existeixen alguns principis bàsics, que es van acordar per a la definició de l'arquitectura de la xarxa:

- Separació lògica entre les xarxes de senyalització i dades.
- La xarxa UTRA (*UTRA Network*, UTRAN) i la xarxa central (*Core Network*, CN) tenen les seves funcions completament separades.

2.4.1. Canals de transmissió

De la mateixa manera que en GSM, en UMTS també existeix una classificació dels diferents tipus de canals. En aquest cas, els diferents canals es poden classificar en tres grups diferents:

- Lògics: Estan definits pel tipus d'informació que transmeten.
- De transport: Caracteritzats pel com i amb quines característiques les dades són transmeses a través de la interfície ràdio.
- Físics: Proporcionen la font real de transmissió.

A l'apartat 3 de l'annex 1 podem observar la distribució i les característiques dels diferents canals dels que disposem a UMTS.

2.4.2. Arquitectura de la UTRAN

La UTRAN està formada pels següents components:

- Node B: És un concepte que representa un node lògic el qual és el responsable de la transmissió i recepció ràdio en una o més cel·les des d'ells el UE (*User Equipment*).
- BTS (*Base Transceiver Station*): La BTS és un element del node B de UMTS. Suporta la portadora de 5 MHz i proporciona la codificació de W-CDMA necessària per controlar una o més cel·les.

- RNC (*Radio Network Controller*): És l'equivalent de la BSC a GSM. És el responsable del RRM (*Radio Resource Management*) i del control dels nodes B. Diferents RNCs tenen interfícies entre elles i com a conseqüència el CN no intervé en el *handover*.
- RNS (*Radio Network Subsystem*): El RNS està format per un RNC i els nodes B associats. La UTRAN està composta per diversos RNSs, el quals cobreixen una certa àrea geogràfica. És l'equivalent del BSS de GSM.

A la figura 2.2 podem observar l'arquitectura de la xarxa UTRA. La UTRAN arriba només fins als RNSs, la xarxa central no forma part d'ella i els Punts d'Accés al Servei lu són les interfícies entre la xarxa UTRA i la xarxa central.

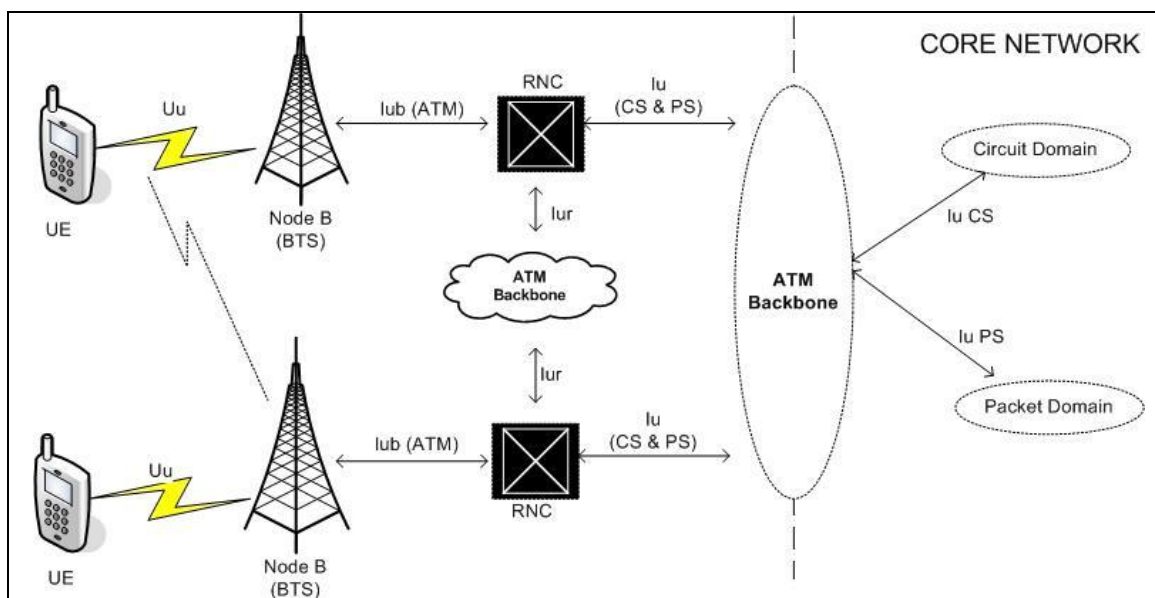


Fig. 2.2 Arquitectura d'una xarxa UMTS

Existeixen quatre interfícies connectant la UTRAN, tant internament com externament amb altres entitats funcionals:

- Iu: Interfície externa que connecta la RNC amb el *Core Network* (CN).
- Uu: Interfície externa que connecta el Node B amb l'equipament d'usuari (UE).
- Iub: Interfície interna que connecta el RNC amb el Node B.
- Iur: Interfície interna la majoria del temps però, excepcionalment també pot ser una interfície externa per a algunes arquitectures de xarxa. El Iur interconnecta dos RNCs.

2.4.2.1. Node B o BTS

La configuració del node B la podem observar a la figura següent:

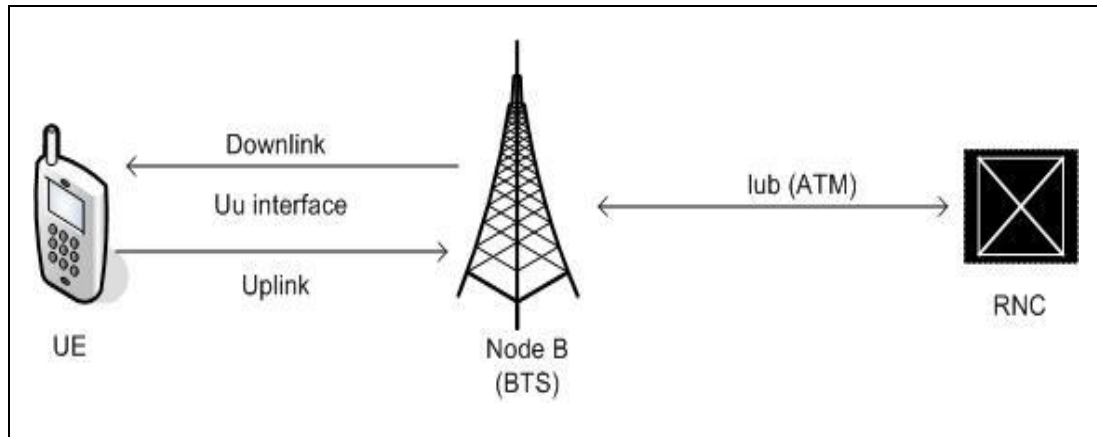


Fig. 2.3 Configuració d'un Node B

Les funcions principals del node B són les següents:

- Processat de trucades.
- Accés radio.
- Supervisió del funcionament.
- Interfície de la xarxa.
- Detecció d'accés aleatori.

La principal responsabilitat de la BTS és transmetre i rebre senyals ràdio des del UE a través de la interfície ràdio Uu. Per a portar a terme aquesta funció completament, les senyals es codifiquen, modulen i amplifiquen en un sentit, i es desmodulen i descodifiquen en l'altre. També s'encarrega de dur a terme i comunicar mesures de ràdio a la RNC i de detectar accessos aleatoris del UE.

La BTS utilitza les següents interfícies:

- Uu: cap els UEs.
- Iub: cap a les RNCs.

2.4.2.2. RNC

La configuració del RNC la podem observar a la figura 2.4.

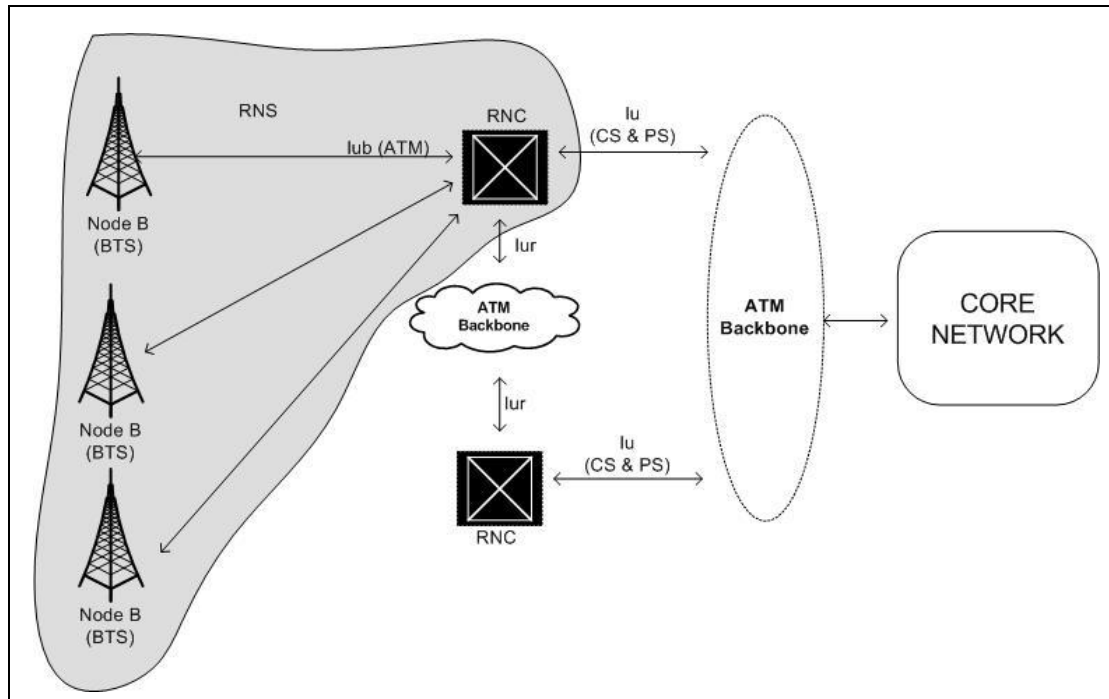


Fig. 2.4 Configuració del RNC

El RNC és l'element central dins del RNS.

Les principals funcions del RNC són el control i gestió dels recursos de la xarxa d'accés ràdio.

Les funcions del RNC estan dividides en:

- **RRM (*Radio Resource Management*)**: El RNC inicia o restableix trucades, i llança recursos tan aviat com deixen de ser utilitzats.
- **User mobility handling**: El RNC controla les decisions per fer els *handovers*.
- **RNS supervision**: El RNC supervisa el RNS com un tot i és el seu responsable.
- **Interfícies**:
 - Nodes B (Iub).
 - RNCs (Iur).
 - Core Network (Iu).

RNS (*Radio Network Subsystem*):

- Està format per un RNC i els seus nodes B associats.
- La UTRAN està formada per diversos RNS.
- Un RNS cobreix una certa àrea geogràfica i és l'equivalent de la BSS a GSM.

2.5. Arquitectura del Core Network

El nucli de xarxa (*Core Network*) incorpora funcions de transport i d'intel·ligència. Les primeres suporten el transport de la informació de tràfic i senyalització, incloent la commutació. L'encaminament resideix en les funcions d'intel·ligència, que comprenen prestacions com la lògica i el control de certs serveis oferts a través d'una sèrie d'interfícies ben definides.

El CN està dividit en dos dominis:

- Domini PS (*Packet Switch*).
- Domini CS (*Circuit Switch*).

La interfície Iu és la que connecta el *core network* amb la UTRAN i té dues variants: Iu CS i Iu PS.

A la figura següent podem observar l'arquitectura del CN, encara que no detallarem més ja que el que ens interessa en el cas de l'estudi de la implantació de la xarxa UMTS a Andorra és la part d'accés ràdio (UTRAN).

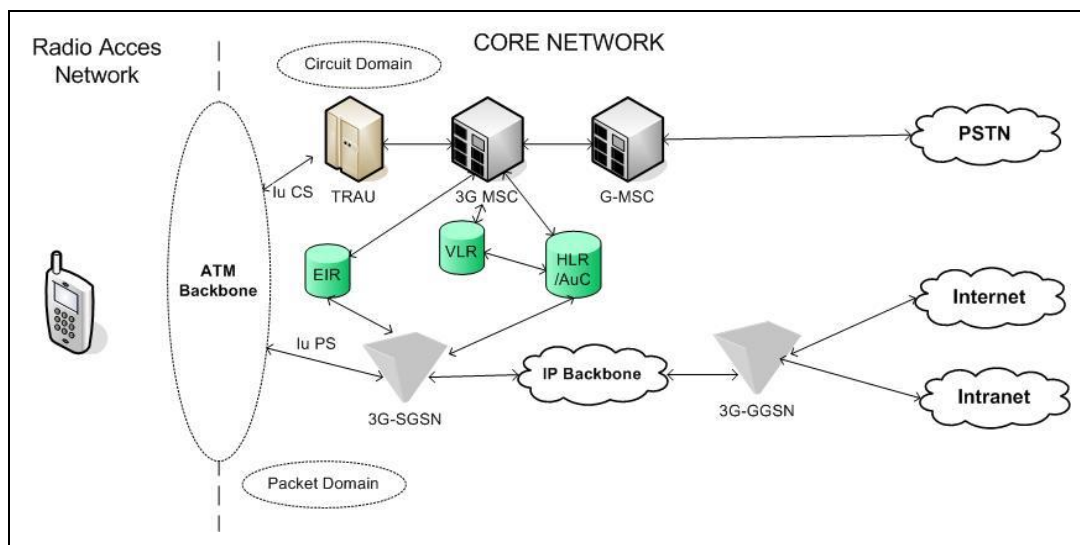


Fig. 2.5 Arquitectura del *Core Network*

2.6. Equipament d'usuari

En el domini d'equipament d'usuari es poden agrupar una varietat de tipus d'equipaments amb diferents nivells de funcionalitat. Aquests tipus d'equipaments s'anomenen *user equipment* (terminals) i han de ser compatibles amb una o més interfícies d'accés existents (fixa o ràdio).

El UE està dividit en *mobile equipment* (ME) i la USIM. La USIM és una tarja extraïble que pot ser utilitzada en diferents tipus de UE i amb les següents característiques:

- Conté les dades i els procediments de manera que amb tota seguretat es pugui identificar.
- Està associada a un usuari determinat i permet identificar l'usuari independentment del ME que utilitzi.

2.6.1. Targeta USIM

La tarja USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*) permet la identificació de qualsevol usuari (*Mobile Subscriber*, MS) per la xarxa.

La USIM conté la següent informació:

- IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*): És un codi d'identificació únic per a cada dispositiu de telefonia mòbil.
- MSISDN (*Mobile Station International ISDN Number*): Fa referència al número de subscripció del mòbil, és a dir, és el número de telèfon.
- L'idioma i les opcions del UE.
- El valor de K i els algorismes de xifrat i integritat per als procediments de seguretat.
- El TMSI (*Temporary Mobile Subscriber Identity*) per al domini CS i el P-TMSI (*Packet Temporary Mobile Subscriber Identity*) per al domini PS. Serveixen per a identificar l'usuari a la xarxa sense posar en perill la seva confidencialitat.
- LAI (*Location Area Identity*) que identifica l'àrea de localització on es troba l'usuari i RAI (*Routing Area Identity*).
- Llistes de la xarxa prohibides.
- Llista de serveis.

Un únic IMSI es assignat a cada usuari en una xarxa UMTS i està format per tres parts:

- MCC (*Mobile Country Code*) que identifica el país de l'usuari. En el cas d'Andorra aquest número és el 213.
- MNC (*Mobile Network Code*) identifica l'operador de xarxa. En el cas d'Andorra el MNC correspon al número 03.
- MSIN (*Mobile Subscriber Identification Number*) que fa referència al número de telèfon.

2.7. Xarxa UMTS a Andorra

La xarxa de UMTS d'STA està formada per un únic RNC i 24 Nodes B. En els següents apartats definirem tant les característiques dels Nodes B com la seva situació, així com el procés d'implantació de la xarxa 3G que el dia 26 de març de 2007 va fer el seu desplegament comercial.

El disseny emprat intenta maximitzar el reús dels actuals emplaçaments de GSM, aprofitant-los per a UMTS tant com sigui possible per tal de no haver de crear noves instal·lacions.

2.7.1. Serveis UMTS per al disseny

Les aplicacions i els serveis poden ser dividits en diferents grups, depenent dels requeriments en la qualitat del servei. S'identifiquen quatre classes de tràfic UMTS:

- *Conversational class.*
- *Streaming class.*
- *Interactive class.*
- *Background class.*

El factor més distintiu entre les classes és la sensibilitat del tràfic als retards. Les classes *conversational* i *streaming* són transmissions en temps real a través de la interfície aire de WCDMA mentre que les classes *interactive* i *background* són transmeses com dades en temps no real.

Taula 2.1. Classes de tràfic a UMTS

Classes de tràfic	<i>Conversational class</i>	<i>Streaming class</i>	<i>Interactive class</i>	<i>Background class</i>
Característiques fonamentals	<ul style="list-style-type: none"> - Preservar la relació de temps (variació) entre les entitats d'informació de la trama. - Pautes conversacionals (baix retard). 	<ul style="list-style-type: none"> - Preservar la relació de temps (variació) entre les entitats d'informació de la trama. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pautes de respostes de peticions. - Preservar el contingut de càrrega útil. 	<ul style="list-style-type: none"> - El destí no contabilitza les dades durant un cert temps - Preservar el contingut de càrrega útil.
Exemples d'aplicació	Conversa, vídeo	Flux d'àudio i vídeo	Navegació web	emails

Per tant, podem veure que UMTS permet oferir diferents serveis a l'usuari, tant en mode circuit com en mode paquet. Aquests serveis es suporten mitjançant el que s'anomena *Radio Acces Bearer (RAB)*. Cada RAB significa diferents tasses de bits que impliquen un consum dels recursos limitats de UTRAN i un augment del nivell d'interferència de la xarxa.

La llista de serveis proposats són els mateixos que actualment són oferts pels operadors d'UMTS a Europa.

Taula 2.2. Serveis UMTS

Servei/RAB	Comentari
Conversational Speech 12.2	Cobertura interior
Vídeo conferencia (CS 64)	Cobertura interior
Packet service 64UL / 64DL	Cobertura interior
Packet service 64UL / 128DL	Cobertura interior
Packet service 64UL / 384DL	Cobertura interior
Altres tasses inferiors per a serveis de paquets	Cobertura interior

Estaran disponibles altres RABs: PS I/B 32 UL / 64 DL i PS I/B 32 UL / 128 DL.

Hem de considerar que les cobertures *indoor* són molt difícils d'assolir pel fet que la freqüència és dos vegades més alta que la de GSM. Un altre factor a tenir en compte és la composició de la superfície i l'àrea total a cobrir. Això també afecta en la decisió dels serveis a oferir.

A la taula següent podem observar la matriu que s'ha utilitzat per al disseny ràdio. Típicament un perfil de mobilitat s'associa a cada tipus de terreny ja que la velocitat del MS afecta a la relació E_b/N_0 requerida per cada servei.

Taula 2.3. Serveis enfront la matriu de serveis i mobilitat

Serveis, mobilitat i perfils	Speech	CS 64 (vídeo)	PS 64UL / 64DL	PS 64UL / 128DL	PS 64UL / 384DL	PS 384UL / 384DL
Urbà a 3km/h	x	x	x	x	x	
Suburbà a 50km/h	x	x	x			
Rural a 50km/h	x	x	x			
Urbà dens a 3km/h	x	x	x	x	x	

2.7.2. Arquitectura de la UTRAN

L'arquitectura de la UTRAN a la xarxa d'Andorra correspon a la figura 2.2, que és l'estàndard. La particularitat a ressaltar, com ja hem dit anteriorment, és que la xarxa disposa únicament d'un RNC. Totes les demés característiques d'una xarxa UMTS s'apliquen a la xarxa d'STA.

La figura següent indica l'actual configuració de la xarxa.

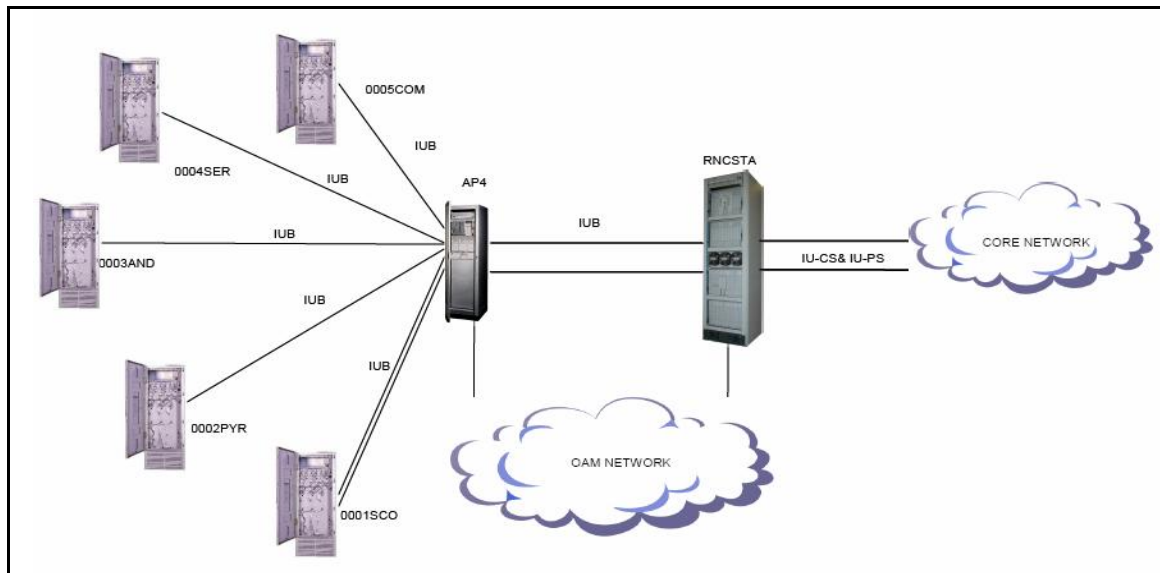


Fig. 2.6 Arquitectura del subsistema UTRAN

2.7.3. Definició de les antenes

2.7.3.1. Guany

El guany de les antenes s'elegeix seguint els següents paràmetres:

- Les antenes de guany elevat (entre 16 i 20 dBi) s'utilitzen en la majoria dels casos per una màxima cobertura.
- Les antenes de guany mig (entre 11 i 16 dBi) s'utilitzen en casos especials quan el control d'algunes zones de cobertura és necessari.
- Les antenes de guany reduït (entre 2 i 11 dBi) es poden utilitzar a micro-BTS en àrees urbanes denses.

2.7.3.2. Beamwidth

El *beamwidth* horitzontal utilitzat normalment a sistemes GSM900, GSM1800 i UMTS són 33°, 45°, 65° i 88°.

Respecte al *beamwidth* vertical, l'hem de seleccionar tenint en compte uns principis.

- Un *beamwidth* vertical molt estret pot provocar forats de cobertura a prop de la BTS.
- Un *beamwidth* vertical molt ample provoca que la inclinació no sigui efectiva.

El valor d'aquest *beamwidth* ha d'oscil·lar entre 4° i 10°.

Les especificacions de les antenes utilitzades les podem observar més concretament al punt 4 l'annex 1.

2.7.4. Link budget

En aquest apartat podem observar els valors inicials proposats per al desplegament de la xarxa.

L'explicació detallada dels càlculs del *link budget* està realitzada a l'annex 2.

Tots aquests valors estan limitats en el sentit uplink. Com a conseqüència, es pot calcular la potència per canal requerida en el downlink per aconseguir la mateixa grandària d'enllaç. Utilitzant el model de propagació Hata (annex 2) el radi de la cel·la i l'àrea són deduïts.

2.7.4.1. Configuració proposada pel site

El node B proposat i les dades d'entrada del UE per al *link budget* són:

Taula 2.4. Dades d'entrada

Equip d'usuari (UE)	
Potència màxima de Tx (dBm)	21
Guany d'antena en Tx (dBi)	0
Figura de soroll en Tx (dB)	9
Alçada de l'antena (m)	1,5
Estació base (BS)	
Figura de soroll en Rx (dB)	2,5
Guany d'antena en Rx (dBi)	18
Pèrdues per inclinació	1,5
Pèrdues de cable & connectors en Rx (dB) (40m de torre)	3,6
Pèrdues de cable & connectors en Rx (dB) (30m de torre)	2,95
Potència de Tx (dBm)	46,5 (45 W)
Pèrdues als combinadors/duplexors (dB)	3
Eficiència en el reus de freqüències (3 sectors)	0,6

La sensibilitat de l'estació base i de l'equip d'usuari són variables que depenen del E_b/N_0 (energia per bit comparada amb la interferència espectral) i del guany de processat del servei. El valor de E_b/N_0 de cada servei varia amb l'ambient i el perfil de la mobilitat.

Podem calcular el valor de la sensibilitat tant en l'estació base com en l'equip d'usuari de la següent manera:

Per l'estació base:

$$S = NF + kTB + E_b/N_0 - G_{up} \quad (2.1)$$

On:

S: Sensibilitat en recepció (dBm).

NF (*Noise Figure*): Figura de soroll en recepció (dB).

kTB correspon al soroll tèrmic (dBm).

G_{up} : Guany de processat uplink (dB).

Taula 2.5. Valors de E_b/N_0

BS Rx E_b/N_0 (dB)	Speech 12,2	CS 64	PS 64	PS 128	PS 384
Urbà a 3km/h	5,9	3,2	2,1	1,7	1,1
Suburbà a 50km/h	7,7	5,3	3,9	3,4	3,6
Rural a 50km/h	8,2	5,3	4,2	3,9	3,4
Urbà dens a 3km/h	5,9	3,2	2,1	1,7	1,1

Taula 2.6. Sensibilitat

Sensibilitat de la BS en Rx (dBm)	Speech 12,2	CS 64	PS 64	PS 128	PS 384
Urbà a 3km/h	-124,7	-120,2	-121,3	-118,7	-114,6
Suburbà a 50km/h	-122,9	-118,1	-119,5	-117,0	-112,1
Rural a 50km/h	-122,4	-118,1	-119,2	-116,5	-112,3
Urbà dens a 3km/h	-124,7	-120,1	-121,3	-118,7	-114,6

Per l'equip d'usuari:

$$S = NF + kTB + E_b/N_0 - G_{down} \quad (2.2)$$

On:

S: Sensibilitat en recepció (dBm).

NF (*Noise Figure*): Figura de soroll en recepció (dB).

kTB correspon al soroll tèrmic (dBm).

G_{down} : Guany de processat downlink (dB).

Taula 2.7. Valors de E_b/N_0

BS Rx E_b/N_0 (dB)	Speech 12,2	CS 64	PS 64	PS 128	PS 384
Urbà a 3km/h	8,9	6,2	5,1	4,7	4,1
Suburbà a 50km/h	10,7	8,3	6,9	6,4	6,6
Rural a 50km/h	11,2	8,3	7,2	6,9	6,4
Urbà dens a 3km/h	8,9	6,2	5,1	4,7	4,1

Taula 2.8. Sensibilitat

Sensibilitat de la BS en Rx (dBm)	Speech 12,2	CS 64	PS 64	PS 128	PS 384
Urbà a 3km/h	-115,2	-110,7	-111,8	-109,2	-105,1
Suburbà a 50km/h	-113,4	-108,6	-110,0	-107,5	-102,6
Rural a 50km/h	-112,9	-108,6	-109,7	-107,0	-102,8
Urbà dens a 3km/h	-115,2	-110,7	-111,8	-109,2	-105,1

Tots aquests valors han estat calculats per un valor donat de BLER, el qual depèn del tipus de servei (valors aportats d'un estudi realitzat per *Nortel*). Per serveis de dades com PS 64 o PS 384 hem considerat un nivell de BLER de 10^{-1} . També s'ha considerat un nivell de 10^{-6} en serveis conversacionals (CS 64) i 10^{-3} per a *speech services*.

2.7.4.2. Marges de cobertura Interior / en cotxe / corporal

A continuació s'expressen els marges aplicats al *link budget*. Les pèrdues associades al cos són diferents per veu o dades ja que la posició del mòbil també és diferent.

Taula 2.9. Pèrdues associades al cos

	Speech 12,2	CS 64	PS 64	PS 128	PS 384
Pèrdues corporals (dB)	3	1	1	1	1

En canvi, les pèrdues en cotxe o interiors, no depenen del tipus de servei.

Taula 2.10. Pèrdues associades al cotxe i a interiors

	Urbà a 3km/h	Suburbà a 50km/h	Rural a 50km/h	Urbà dens a 3km/h
Factor de penetració (dB)	15	12	6	20

A l'annex 3 es poden observar els valors de *link budget* per a cada escenari.

2.7.4.3. Nivells de senyals utilitzats en el disseny

Del resum que tenim a continuació queda clar quin és el servei més restrictiu en tots els entorns, en termes de la màxima pèrdua deguda a la trajectòria (*Path Loss*).

En nivell mínim de senyal a dissenyar es calcula com:

$$\text{Nivell de senyal en Rx} = \text{PCPICH} - \text{Path Loss} \quad (2.3)$$

On, com observem a la taula 2.12 la potència de PCPICH representa el 15% de la potència total de la cel·la (35 dBm).

Taula 2.11. Nivell de senyal mínim (dBm)

	Speech 12,2	CS 64/64	PS 64/64	PS 128/128	PS 384/384
Rural	-106,1	-103,8	-104,9	-102,2	-98,0
Suburbà	-100,5	-97,7	-99,1	-96,6	-91,6
Urbà	-99,3	-96,8	-97,9	-95,3	-91,1
Urbà dens	-94,3	-91,8	-92,2	-90,3	-86,1

PS 384 és el servei més restrictiu, mentre que el servei que hem utilitzat pel disseny és CS 64.

2.7.4.4. Assignació de la potència dels canals del Node B

En UMTS la potència de la BTS es pot veure limitada sota condicions d'alta densitat de UEs. Al contrari que GSM tots els recursos de potència es reparteixen entre totes les comunicacions que la BTS està mantenint.

Per tant, és necessari assignar la proporció de potència de la BTS als diferents canals de tràfic i senyalització. Normalment la potència dels diferents canals és relativa a la potència assignada al canal pilot (CPICH).

Taula 2.12. Nivell de senyal dels canals relatiu a la potència del pilot

Canal	dB
Màxima potència disponible	43,5 dBm
Pilot	32-35 dBm (aprox. 15%)
P-SCH	-5
S-SCH	-5
P-CCPCH	-2
AICH	-7
PICH	-5
SCCPCH	0

En el nostre cas, definim un nivell de potència del canal pilot de -35 dBm. Per tant, els nivells de potència dels altres canals seran.

Taula 2.13. Potència dels canals

Canal	Potència (dBm)	Percentatge de vegades que el canal es transmès
Màxima potència disponible	43,5	1
Pilot	35	1
P-SCH	30	0,1
S-SCH	30	0,1
P-CCPCH	33	0,9
AICH	28	1
PICH	30	1
SCCPCH	35	1

Quan utilitzem tots aquests valors, hem de fer un promig tenint en compte el percentatge de temps que s'utilitzen:

Taula 2.14. Potència dels canals considerant el temps d'ús

Canal	dBm
Màxima potència disponible	43,5
Pilot	35
SCH	20
Sumatori d'altres potències de CCH	38,25
Màxima potència de tràfic	40,95

2.7.5. Cel·les UMTS

A la següent taula podem observar la situació de les antenes destinades a UMTS. Com es pot observar, el nom de la situació coincideix amb GSM ja que

s'ha intentat aprofitar al màxim els emplaçaments ja destinats a GSM per la implantació de UMTS.

Taula 2.15. Estructura de UMTS a Andorra

CID	CELLNAME	NODEB NAME
10	SANT JULIA-1	SANT JULIA
11	SANT JULIA-2	
20	SANTA COLOMA-1	SANTA COLOMA
21	SANTA COLOMA-2	
22	SANTA COLOMA-3	
30	COMELLA-1	COMELLA
31	COMELLA-2	
32	COMELLA-3	
40	ANDORRA-1	ANDORRA
41	ANDORRA-2	
42	ANDORRA-3	
50	PYRENEES-1	PYRENEES
51	PYRENEES-2	
60	ENCAMP-1	ENCAMP
61	ENCAMP-2	
62	ENCAMP-3	
70	CANILLO-1	CANILLO
80	PAS DE LA CASA-1	PAS DE LA CASA
90	POLICIA-1	POLICIA
91	POLICIA-2	
100	LA MASSANA-1	LA MASSANA
101	LA MASSANA-2	
102	LA MASSANA-3	
110	ORDINO-1	ORDINO
120	LA MARGINEDA-1	LA MARGINEDA
121	LA MARGINEDA-2	
130	SOLDEU-1	SOLDEU
131	SOLDEU-2	
132	SOLDEU-3	
140	ESPIOLETS-1	ESPIOLETS
150	BURNA-1	BURNA
151	BURNA-2	
160	ALIGA-1	ALIGA
170	RANSOL CT-1	RANSOL CT
171	RANSOL CT-2	
180	AIXOVALL-1	AIXOVALL
190	ARCALIS-1	ARCALIS
200	PAS_2-1	PAS_2
210	PAL PISTES-1	PAL PISTES
220	GRAU ROIG-1	GRAU ROIG
230	ARANS-1	ARANS
240	FUNICAMP-1	FUNICAMP

2.7.6. Àrees de cobertura per fases

Per al disseny de la cobertura d'Andorra es va dividir la zona a cobrir en tres parts diferents.

El plantejament de cobertura per fases es basa principalment en començar a donar cobertura a les zones amb un índex d'usuaris més elevat i acabar donant servei a zones amb menys demanda. Principalment s'aprofiten els emplaçaments de GSM necessaris sense haver de realitzar noves instal·lacions més que les necessàries per a la coexistència dels dos serveis.

Per a realitzar les simulacions de cobertura, igual que en GSM, hem utilitzat el programa *ICS Telecom* el qual ens permet obtenir unes dades molt precises de la cobertura de la xarxa ja que podem utilitzar mapes del país amb les característiques del relleu detallades. A l'annex 3 tenim un breu manual d'usuari.

Per realitzar les simulacions hem tingut en compte diferents valors. En principi hem donat un valor de potència nominal de 20W i el valor de la potència del canal pilot assignat a cada sector el podem observar a la taula següent.

El nivell de senyal adequat el considerem segons la taula 2.11.

Taula 2.16. Potència del canal pilot per cada sector

CELL NAME	PILOT POWER (dBm)
SANT JULIA-1	36
SANT JULIA-2	36
SANTA COLOMA-1	33
SANTA COLOMA-2	15
SANTA COLOMA-3	27
COMELLA-1	33
COMELLA-2	33
COMELLA-3	33
ANDORRA-1	33
ANDORRA-2	33
ANDORRA-3	33
PYRENEES-1	33
PYRENEES-2	33
ENCAMP-1	30
ENCAMP-2	30
ENCAMP-3	30
CANILLO-1	36
PAS DE LA CASA-1	33
POLICIA-1	33
POLICIA-2	33
LA MASSANA-1	33
LA MASSANA-2	33
LA MASSANA-3	36

ORDINO-1	33
LA MARGINEDA-1	30
LA MARGINEDA-2	30
SOLDEU-1	33
SOLDEU-2	33
SOLDEU-3	33
ESPIOLETS-1	33
BURNA-1	33
BURNA-2	33
ALIGA-1	33
RANSOL CT-1	33
RANSOL CT-2	33
AIXOVALL-1	33
ARCALIS-1	33
PAS_2-1	33
PAL PISTES-1	33
GRAU ROIG-1	33
ARANS-1	33
FUNICAMP-1	33

2.7.6.1. Caracterització de l'ambient per àrees

Urbà dens: Part d'Andorra la Vella.

Urbà: Part d'Andorra la Vella i Sant Julià, Encamp i la Massana.

Suburbà: Part d'Andorra la Vella i la resta de poblacions de la fase 1 i la 2.

Rural: Pistes d'esquí i carreteres.

Per caracteritzar l'ambient, típicament es dona el valor de E_b/N_0 en dB i com una funció de BLER (*Block Error Rate*) i de BER (*Bit Error Rate*) en els diferents ambients.

Associat a una certa velocitat del UE, la relació amb els ambients reals la podem observar a continuació:

Taula 2.17. Relació dels ambients

Ambients definits per ETSI	Realitat
Exterior a interior a 3km/h	Urbà dens / Urbà
Exterior a interior a 50/h	Suburbà
Vehicular a 120km/h	Rural

La diferència en el valor de E_b/N_0 entre l'ambient rural a 120km/h o a 50km/h és insignificant (0,5 dB inferior a 50km/h) pel que no el considerarem en el nostre estudi.

2.7.6.2. Fase 1

La primera fase es va destinar a la cobertura de les zones amb més població d'Andorra:

- Andorra la Vella (incloent Santa Coloma).
- Canillo.
- Encamp.
- Ordino.
- La Massana.
- Sant Julià.
- Escaldes Engordany.
- Pas de la Casa.

A la taula següent podem veure els *sites* disponibles per a donar cobertura a aquestes zones.

Taula 2.18. Sites fase 1

NOM	NOMBRE DE SECTORS
SANT JULIA	2
SANTA COLOMA	3
COMELLA	3
ANDORRA	3
PYRENEES	2
ENCAMP	3
CANILLO	1
PAS DE LA CASA	1
POLICIA	2
LA MASSANA	3
ORDINO	1
PAS_2	1

Hem de dir que per a les simulacions de cobertura, el *site* de Santa Coloma no apareixerà ja que aquest dona cobertura únicament a l'interior de l'edifici d'STA.

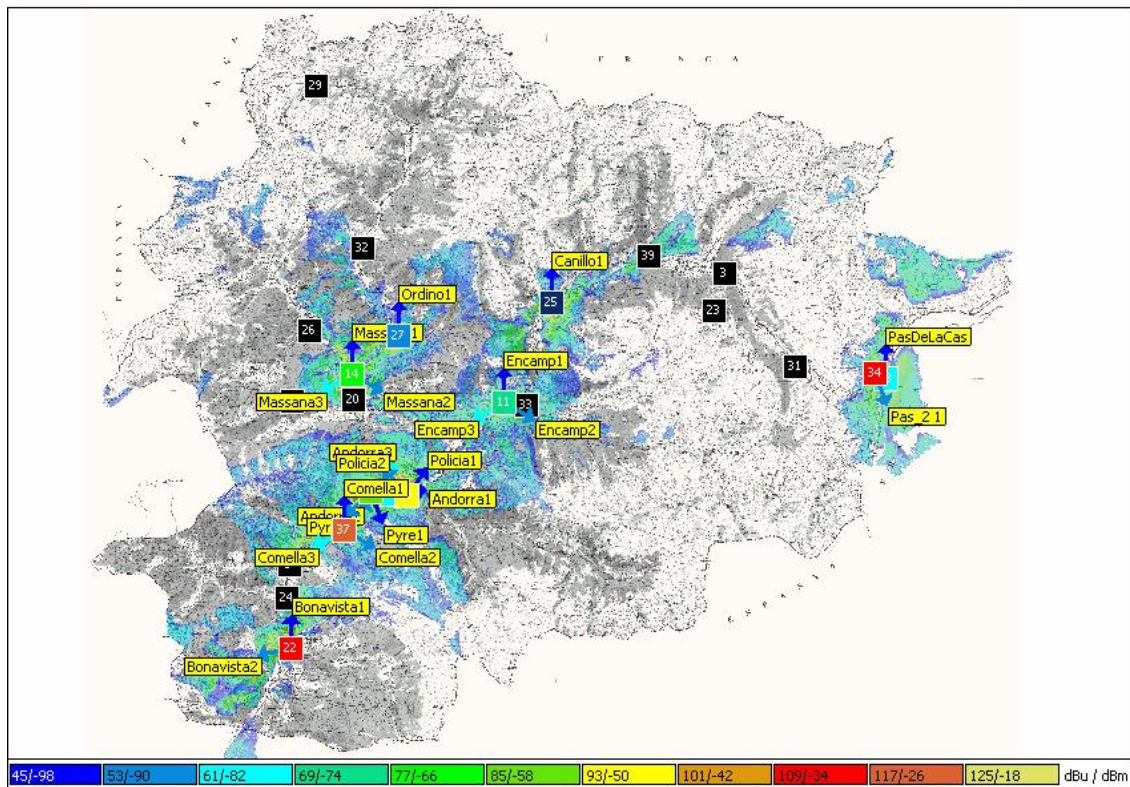


Fig. 2.6 Cobertura fase 1

La primera fase cobreix un 20,1% del territori. Podem dir des d'un principi que la cobertura general no serà igual que la de GSM ja que amb les primeres fases el que es pretén és donar servei a les zones més importants o amb més nombre d'usuaris. El que si hem de remarcar és que posteriorment hi haurà una ampliació d'estacions base per anar poc a poc arribant a donar un servei en tot en territori en general.

2.7.6.3. Fase 2

La segona fase té com a propòsit cobrir les àrees amb menys població.

- Escàs (Massana).
- Ransol.
- Pal.
- Soldeu.
- Aixovall.
- Arxirivall.
- Sispony.
- Arinsal.

Hi ha certes àrees que no disposaran d'una antena pròpia sinó que la cobertura els serà proporcionada per altres nodes B.

- Arxirivall serà cobert pel node d'Aixovall.
- Sispony i Escàs seran cobertes per Burna.
- Àliga donarà cobertura a Arinsal, ja que el node B instal·lat a Arinsal està destinat a cobrir les pistes d'esquí.

Els *sítes* disponibles per a donar cobertura a aquestes zones són els següents:

Taula 2.19. Sites fase 2

NOM	NOMBRE DE SECTORS
AIXOVALL	1
ALIGA	1
BURNA	2
ESPIOLETS	1
RANSOL CT	2
SOLDEU	3

La cobertura la podem observar a la figura 2.7.

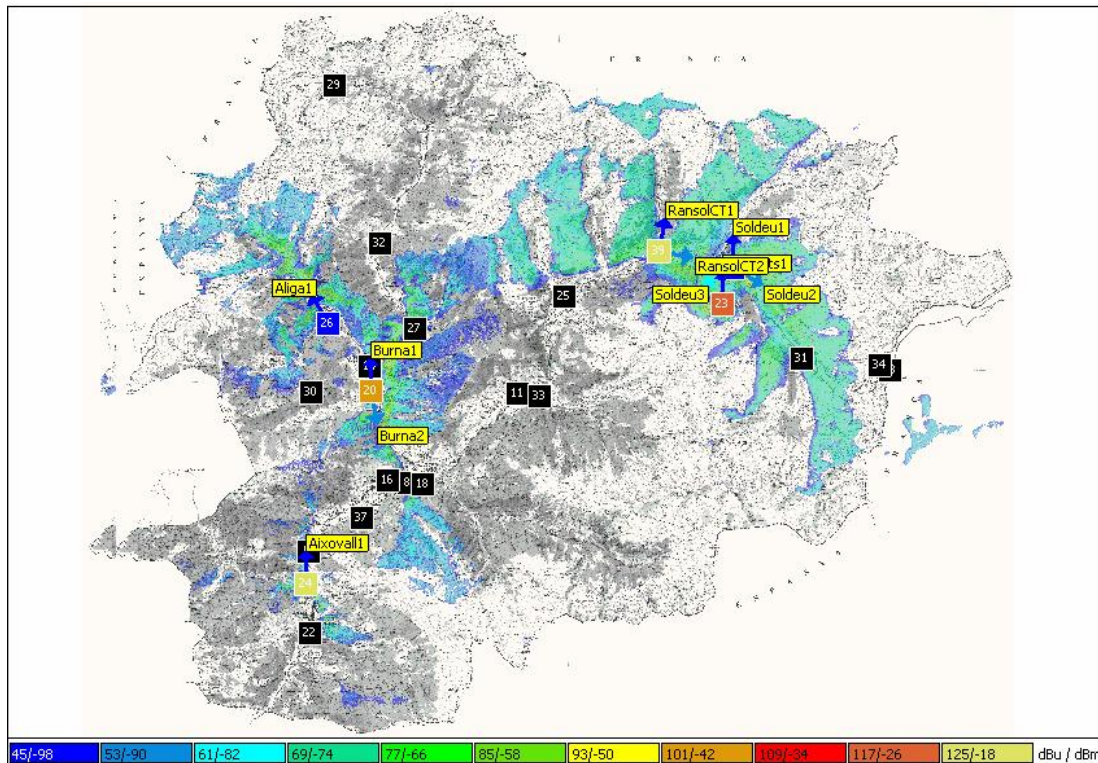


Fig. 2.7 Cobertura fase 2

La segona fase cobreix un 21,01% del territori.

2.7.6.4. Fase 3

La tercera fase es defineix per a donar cobertura a les estacions d'esquí i a les carreteres que no hagin quedat cobertes de forma adequada.

Els sites disponibles per a donar cobertura són els indicats a la taula 2.20.

Taula 2.20. Sites fase 3

NOM	NOMBRE DE SECTORS
ARCALIS	1
FUNICAMP	1
GRAU ROIG	1
LA MARGINEDA	2
ARANS	1
PAL PISTES	1

La cobertura la podem observar a la figura 2.8.

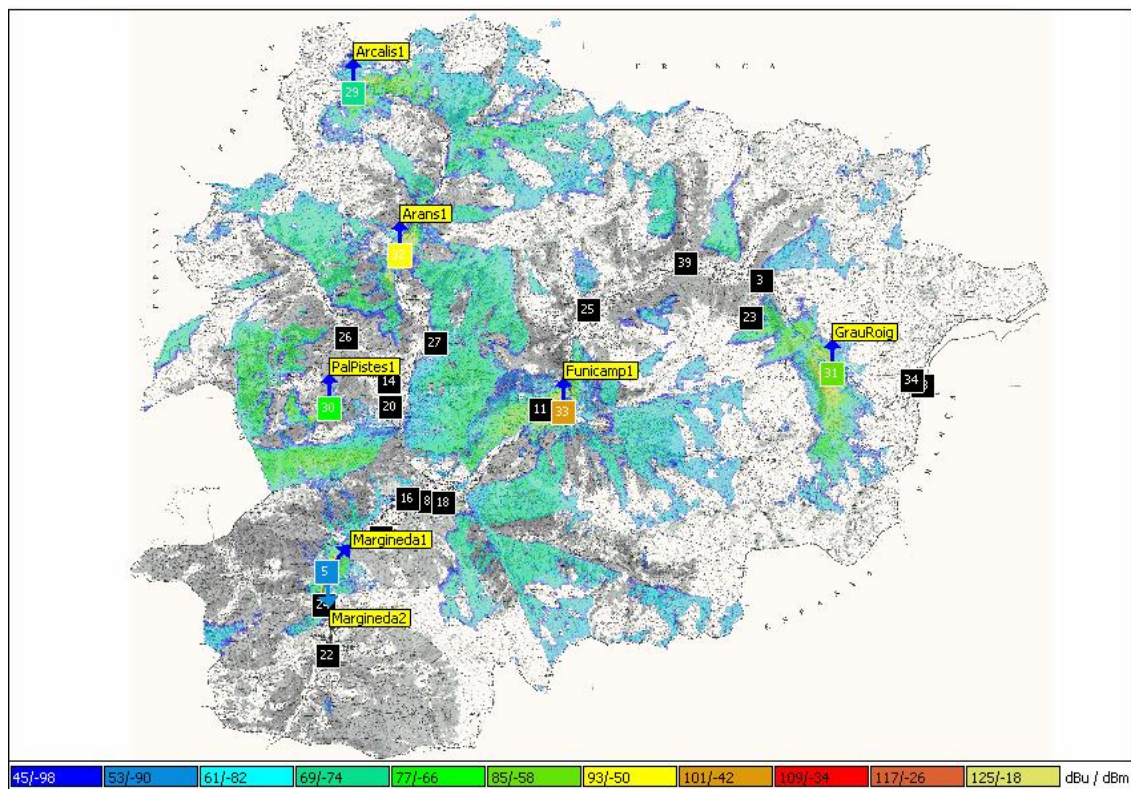


Fig. 2.8 Cobertura fase 3

La tercera fase cobreix un 31,7% del territori.

Podem observar que les tres fases més o menys donen cobertura a una mateixa proporció del territori. La tercera fase és la que aporta més cobertura, fet que es pot explicar a que aquesta fase està destinada a cobrir pistes d'esquí principalment i per tant les antenes es situen en llocs més elevats, el que provoca que no hi hagi tantes pèrdues de cobertura degudes a obstacles.

A la figura que tenim a continuació es pot observar la cobertura actual de la xarxa de UMTS que existeix al país. Aquesta és d'un 53,7%.

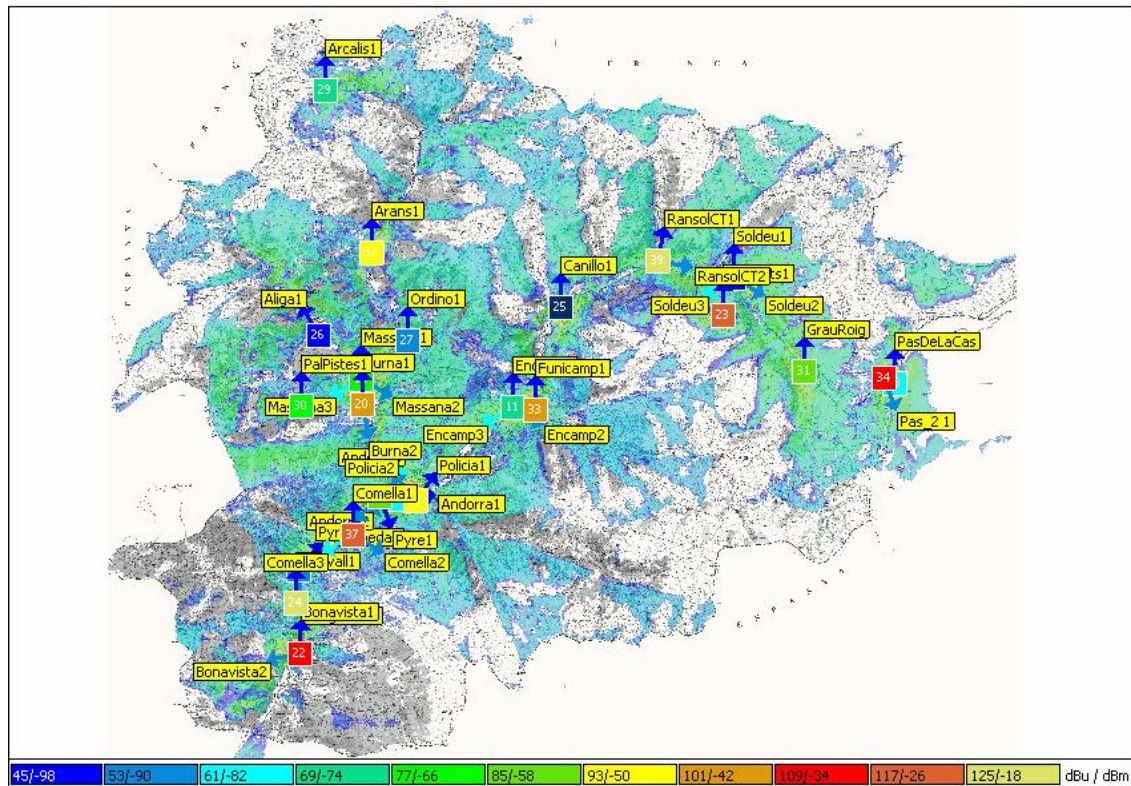


Fig. 2.9 Cobertura total

Com hem comprovat amb la simulació, una mica més de la meitat del país disposa de cobertura 3G. De la mateixa manera que en GSM les zones amb més cobertura són les més poblades, com pot ser el centre d'Andorra i Escaldes.

Com ja hem indicat anteriorment, en un futur la cobertura s'ampliarà fins a arribar a ser la del GSM i tenir un servei continu en totes les zones. Aquests temes ja s'estan tractant encara que abans de finalitzar la memòria no hi haurà encara cap emplaçament nou instal·lat per donar cobertura i, per tant, només tractarem el tema una mica per sobre observant els emplaçaments més immediats que s'instal·laran.

CAPÍTOL 3. CONVIVÈNCIA ENTRE LA XARXA GSM I UMTS A ANDORRA

3.1. Requeriments tècnics

Un dels requeriments més importants per la coexistència entre GSM i UMTS és l'aïllament entre ells. El valor teòric és aproximadament 90 dB. Aquest nivell d'aïllament és necessari per un correcte funcionament dels dos sistemes, és a dir, és el mínim aïllament entre els dos sistemes que assegura que el funcionament d'un sistema no interfereix en el correcte funcionament de l'altre. Aquest nivell d'interferència es considera en el pitjor cas.

Diversos estudis realitzats per *Nortel Networks* han aportant específics valors de l'aïllament entre sistemes.

Taula 3.1. Requeriments d'aïllament

	UMTS Tx a GSM 900 Rx.	UMTS Tx a GSM 1800 Rx	GSM 900 Tx a UMTS Rx	GSM 1800 Tx a UMTS Rx
Emissions falses	14 dB	14 dB	83 dB	83 dB
Bloqueig	40 dB	48 dB	28 dB	28 dB

Com podem observar a la taula anterior, podem obtenir una sèrie de conclusions que hem de considerar per la convivència dels dos sistemes.

En el cas d'utilitzar una antena de dues bandes amb un aïllament igual o superior a 30 dB entre els ports:

- No serà necessari protegir el sistema GSM 900/1800 davant UMTS (14 dB d'aïllament) ja que amb els 30 dB ja complim la restricció.
- De totes maneres, serà necessari protegir GSM de les portadores de UMTS, a no ser que les BTSs tinguin millors condicions davant del bloqueig. Com per a això necessitem un aïllament de 40/48 dB, com a mínim haurem de posar un filtre o un diplexor que ens proporcioni 18 dB d'aïllament entre la banda de UMTS i la de GSM 1800.
- No serà necessari protegir UMTS de les portadores transmeses a GSM ja que són necessaris 28 dB d'aïllament i assumim les emissions de GSM amb 43 dBm de potència.
- Per una altra part, sí haurem de protegir UMTS de les *spurious emissions* de GSM. Es necessari un valor de 83 dB, el qual és molt elevat, i serà molt difícil obtenir-lo únicament amb una separació de 3-4 metres entre les antenes. Per tant, serà necessari afegir un filtre específic a la part de GSM per a reduir els nivells de les *spurious emissions* en la banda de UMTS o afegir diplexors per arribar a l'aïllament requerit i per poder compartir el cable d'alimentació.

En realitat, és molt difícil especificar l'aïllament obtingut degut a la separació vertical, horitzontal o diagonal entre antenes. També s'ha de considerar el diagrama de radiació de cada antena en la direcció de l'altra ja que amb una mateixa separació, depenent del *beamwidth* i de l'orientació, el nivell d'aïllament varia. El més adequat seria analitzar-ho amb un analitzador de xarxa.

3.2. Configuracions possibles

Després d'observar els tipus d'antenes i l'aïllament requerit entre els diferents elements, tenim dos possibles configuracions.

3.2.1. Configuració amb diplexors (Alimentador comú)

La primera possible configuració és l'ús del cable d'alimentació existent. L'alimentador serà compartit entre la BTS situada actualment (per a GSM) i la BTS per UMTS. Amb aquesta configuració el que es fa és estalviar en cable i el procés d'instal·lació és mínim, però per contra haurem d'instal·lar quatre diplexors, dos al costat de les BTSs i dos al costat de l'antena.

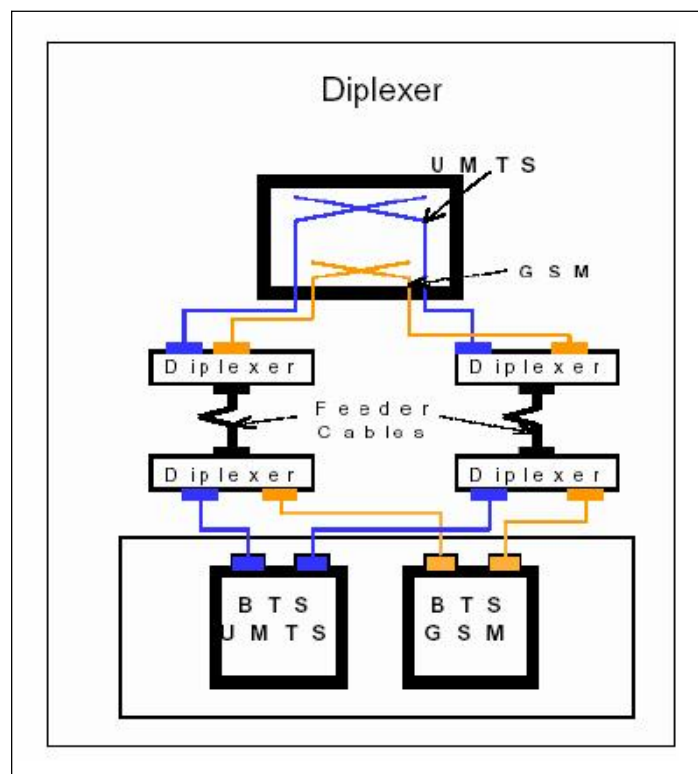


Fig. 3.1 Configuració amb diplexors

En aquest cas, l'aïllament requerit entre UMTS i GSM és directament proporcionat pels diplexors.

Aquesta opció és la més adequada ja que existeix un bon aïllament entre equips i perquè es poden aprofitar els alimentadors existents.

3.2.2. Configuració sense diplexors (Instal·lació d'un nou cable d'alimentació)

La segona alternativa no és la més adequada ja que l'aïllament entre equips és més difícil d'aconseguir. De totes formes l'hem de considerar ja que s'utilitzen menys elements que en la primera opció. Només és necessària la instal·lació de dos cables d'alimentació.

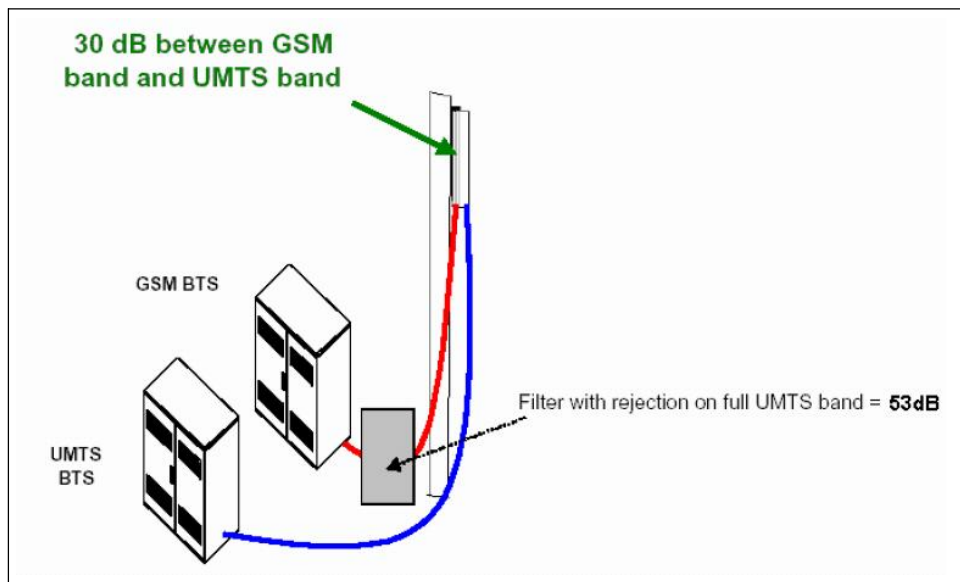


Fig. 3.2 Configuració sense diplexors

El cable vermell a la figura anterior és el cable d'alimentació existent (en realitat són dos ja que la polarització de l'antena és dual) i el blau és el que hauríem d'instal·lar. En aquest cas, només serà necessari la instal·lació d'un filtre a la part GSM amb una atenuació de tota la banda de UMTS superior a 53 dB. Amb el filtre es podrà assegurar el correcte aïllament entre el sistema GSM i els equips instal·lats de UMTS, els quals hem indicat a la taula 3.1.

Aquesta solució és més complicada en el cas de GSM 1800 i UMTS ja que les bandes estan molt properes.

En un principi aquesta opció no es considera i per tant, la instal·lació es realitza amb la configuració d'alimentador comú.

3.3. Cobertura i capacitat

Com ens trobem al principi del desplegament de la xarxa de UMTS la cobertura no és contínua, però pot ser ampliada mitjançant handovers cap a la xarxa 2G.

A les zones on la cobertura UMTS és contínua, mòbils amb mode dual o multimode poden realitzar l'establiment de trucada sota la cobertura UMTS (sempre que estiguin configurats en mode dual). Amb això, la càrrega entre 2G i 3G pot ser equilibrada i pot ajudar en el cas que la xarxa 2G es trobi sobrecarregada.

Si el mòbil està situat al límit de la cel·la i ja està transmetent amb màxima potència no podrà augmentar més la seva potència i la connexió es pot perdre si el handover no comença suficientment aviat. Per evitar aquest tipus de problema, les estadístiques de handover es poden utilitzar per determinar les cel·les on els handovers intersistema ocorren amb més freqüència.

Per determinar que realment la majoria dels mòbils duals inicien les trucades des de la xarxa 3G, es van realitzar una sèrie d'estadístiques abans i després del desplegament de la xarxa UMTS que podrem observar a continuació.

3.4. Estadístiques

A les gràfiques següents podem observar la distribució de les trucades realitzades amb mòbils duals o no, per cadascun dels *sites*. Hem de tenir en compte que aquestes estadístiques han estat recollides a la xarxa 2G.

Les estadístiques s'han realitzat entre el 5 i el 12 de març, per veure els resultats abans del desplegament de la xarxa 3G, i entre el 23 i el 30 d'abril per comprovar el seu funcionament una vegada ja es proporciona servei als usuaris.

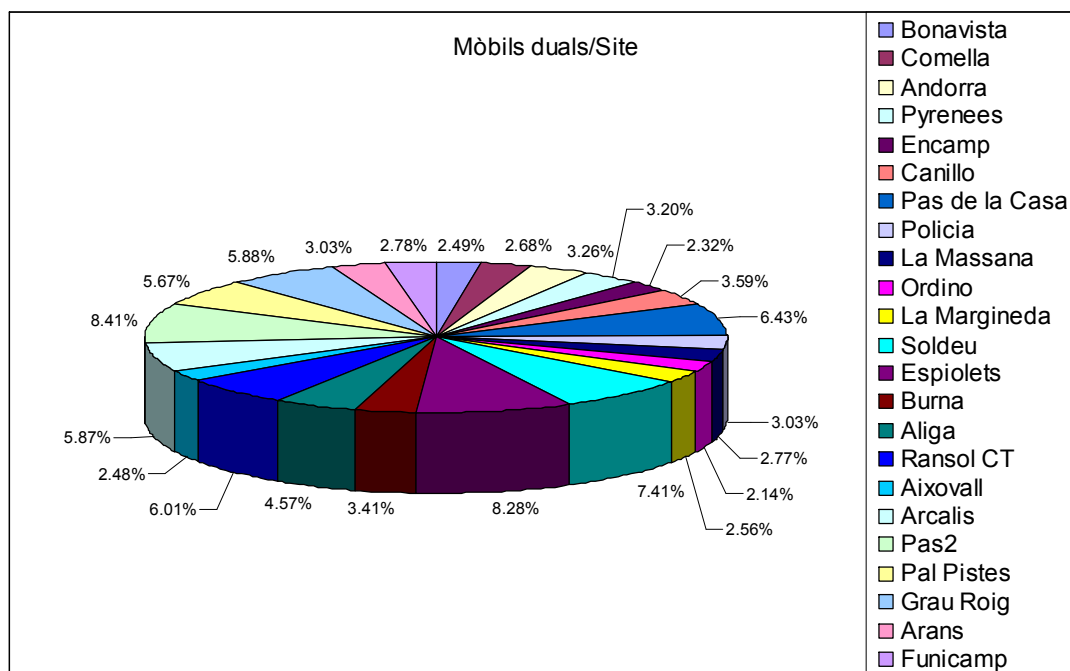


Fig. 3.3 Trucades amb mòbils duals/site

A l'apartat 5.1 de l'annexe 1 podem observar les dades de les gràfiques.

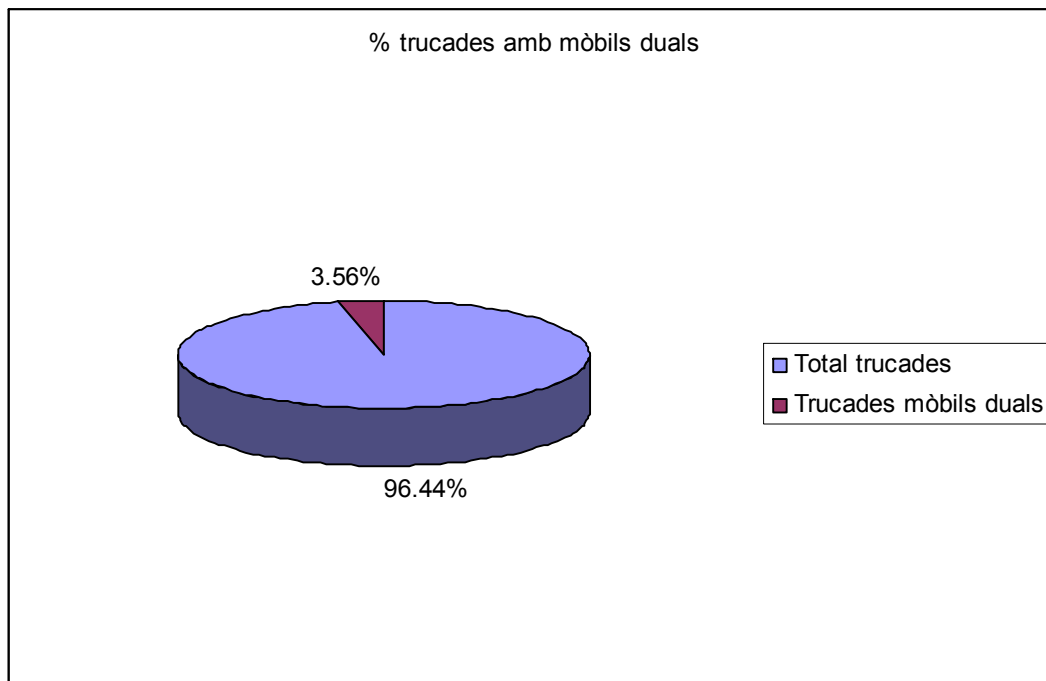


Fig. 3.4 Total trucades amb mòbils duals

A la figura 3.3 podem veure els resultats obtinguts al observar el nombre de trucades realitzades amb mòbils duals per cadascun dels *sites* que corresponen a la xarxa de UMTS. El motiu d'aquest estudi es veure la quantitat de mòbils duals existents a la xarxa que, abans del desplegament de la xarxa 3G, com es lògic, agafaven cobertura GSM i que després d'aquest desplegament, si tot funciona correctament, aquest valor hauria de disminuir ja que a partir d'aleshores al iniciar una trucada ho haurien de fer amb cobertura 3G.

A la figura 3.4 podem veure que l'existència de mòbils duals al territori és bastant reduïda, només un 3,56%, i que la majoria de les trucades es continuen realitzant amb mòbils que no suporten el 3G. Podem observar que els *sites* amb un nombre més elevat de trucades amb mòbils duals (figura 3.3) són Pas de la Casa, Soldeu i Espiolets així com alguns altres *sites* que si ens fixem, la majoria donen cobertura a estacions d'esquí. Per aquest motiu, l'explicació que podem donar als valors més elevats en aquests punts, és l'existència de turistes que ja disposen de terminals compatibles amb 3G, ja que en els països veïns el servei funciona des de fa temps, donat que en el moment de realitzar les estadístiques les pistes d'esquí continuaven obertes. Per contra, també comprovem que als *sites* que donen cobertura al centre d'Andorra, que és on es concentren la majoria d'usuaris, el valor oscil·la entre un 2,6% i un 3,3%, que ja s'aproxima més al valor mig que hem obtingut a la figura 3.4.

A les gràfiques que observarem a continuació s'expressen els resultats obtinguts després del desplegament comercial de la xarxa 3G. Al punt 5.2 de l'annex 1 trobem una taula amb els resultats numèrics.

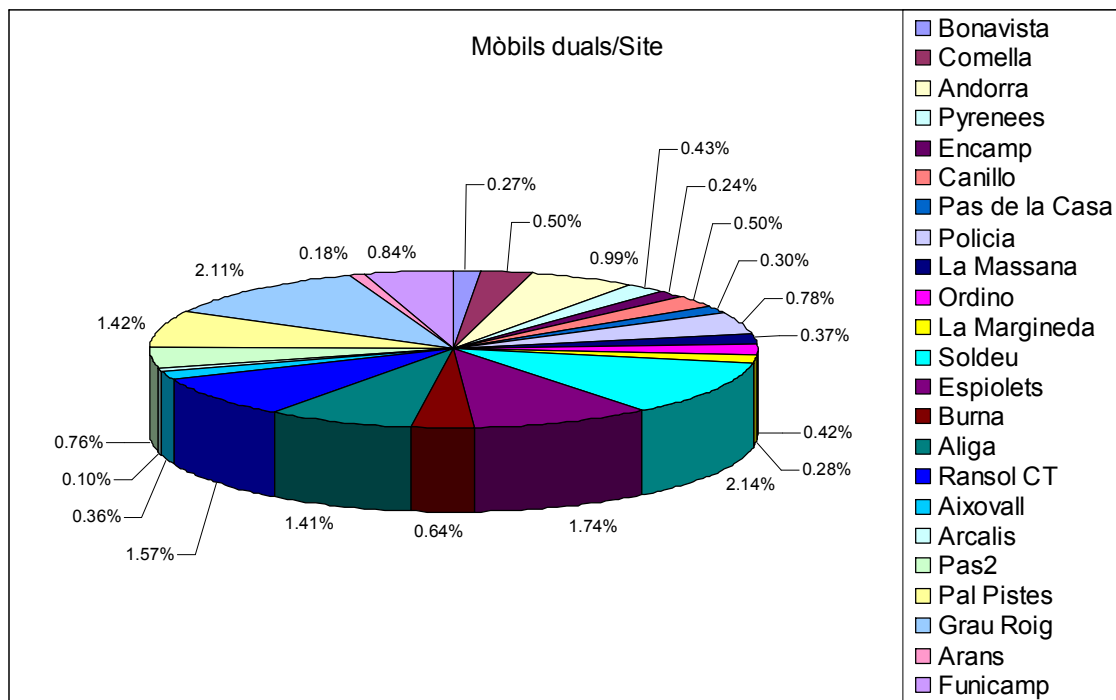


Fig. 3.5 Trucades amb mòbils duals/site

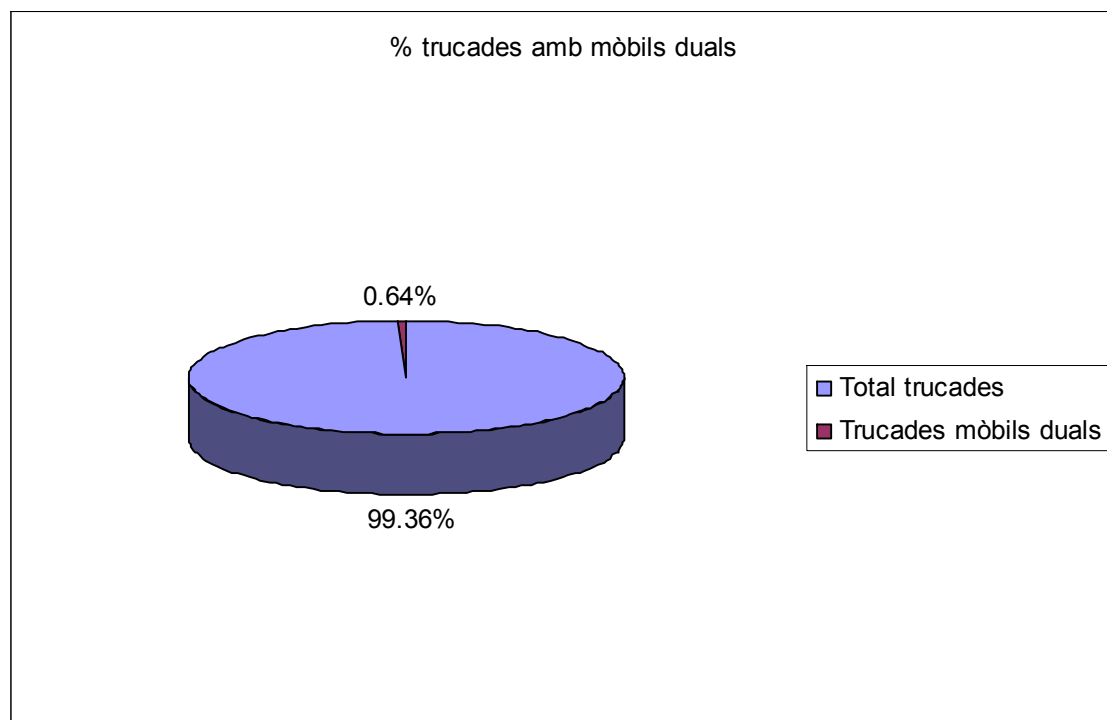


Fig. 3.6 Total trucades amb mòbils duals

Podem comprovar a la gràfica 3.6 que, efectivament, el nombre de mòbils que comencen una trucada amb cobertura GSM ha disminuït notablement ja que amb l'aixecament de la xarxa 3G únicament un 0,64% d'aquests realitza trucades amb cobertura GSM. Un dels motius possibles és que pots forçar al mòbil a realitzar les trucades sota una cobertura concreta i, per tant, si es desitja es pot continuar realitzant-les sota cobertura 2G. A més, hem de tenir en compte que hi ha zones de cobertura, especialment les indoor, que no són tan bones com en 2G.

Respecte a les trucades per cada *site* (figura 3.5) podem comprovar que també els valors han disminuït notablement i que les diferències entre els *sites* que donen cobertura a les pistes d'esquí i els que cobreixen la resta del territori són menors. Fet que es podria explicar ja que en el moment de realitzar aquestes últimes estadístiques les pistes d'esquí ja es trobaven tancades.

Per acabar amb les estadístiques podem dir que els resultats han estat satisfactoris ja que són els que s'esperaven. La disminució d'inici de trucades amb cobertura GSM suposa una descongestió de la xarxa, fet que s'ha de considerar molt important. Tot i aquest avenç hem de tenir clar que de moment, la cobertura 3G no és contínua i que per tant, els handovers de 3G a 2G seran comuns. Això suposa que de moment, una descongestió general de la xarxa 2G no serà possible, però que poc a poc, i ja s'està començant, les ampliacions de cobertura 3G provocaran que es tendeixi a utilitzar més aquest servei.

CAPÍTOL 4. AMPLIACIONS FUTURES

En aquest capítol veurem breument les ampliacions que ja s'estan portant a terme poc a poc per tal de millorar la xarxa i arribar a donar un millor servei.

4.1. HSDPA

4.1.1. Introducció

La tecnologia HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) és la optimització de la tecnologia UMTS/W-CDMA, inclosa en les especificacions de 3GPP release 5. L'impacte de HSDPA sobre la xarxa en servei és principalment sobre la UTRAN (Ràdio) i, indirectament sobre les interfícies Iub, i tot el Core IP.

La norma contempla quatre fases diferents:

- fase 1 i 2 : 1,8 Mbps.
- fase 3 : 3,6 Mbps.
- fase 4 : 7,2 Mbps.

4.1.2. Estratègia d'introducció de HSDPA a la xarxa

Per implementar HSDPA, es pot fer servir la mateixa portadora que per UMTS R99 (GSM + GPRS) o utilitzar una portadora dedicada a HSDPA. Aquesta decisió es basa sobretot en l'ocupació de la portadora en servei: si la seva disponibilitat de potència és alta, HSDPA s'implementa en aquesta portadora. Sinó, s'ha de definir una portadora dedicada a HSDPA.

La interfície Iub (Node B-RNC) és un dels elements centrals de l'èxit de HSDPA. Amb l'augment de l'ample de banda, els operadors augmenten l'ample de banda de la transmissió.

La implementació de HSDPA es fa associada amb un augment de l'ample de banda uplink. Majoritàriament l'uplink s'implementa a 384 kbps i en alguns casos es fa servir HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*). L'augment de l'ample de banda uplink a 384 kbps permet millorar les funcions de TCP.

HSDPA permet millorar l'ample de banda però també el temps de latència.

Per tal d'optimitzar HSDPA, s'ha de tenir en compte els serveis que es volen oferir i intentar implementar una estratègia per tal de donar una bona QoS (Quality of Service).

Abans introduir HSDPA, s'ha d'optimitzar UMTS. Per a això, a l'apartat següent es pot veure com ja s'està ampliant la xarxa.

4.1.3. Proposta de possible estratègia d'introducció de HSDPA

4.1.3.1. Roadmap de funcionalitats

Segons els *roadmap* dels que disposem, podríem tenir les funcionalitats de HSDPA fase 3 disponibles a partir de Setembre 2007. També disposarem de les funcionalitats de lub mitjançant IP (per la part de Paquets) a partir de la mateixa data.

És important senyalar que molts operadors ja estan utilitzant el material del que disposarem (Huawei): globalment estan satisfets de la qualitat del *hardware* i de les funcionalitats però es queixen del suport donat.

4.1.3.2. Propostes de tasques a realitzar

- Optimitzar UMTS (reduir el nivell d'interferència) i auditar els principals paràmetres de qualitat de la xarxa UMTS
- Utilitzar la xarxa de transport actual per transportar el lub.
- Utilitzar al màxim l'arquitectura distribuïda pels nous emplaçaments (banda base en una ubicació i radio connectada mitjançant fibra òptica).
- Introduir HSDPA a la mateixa portadora que UMTS R99 vigilant l'estat de la xarxa R99 i augmentant la capacitat global del sistema.
- Augmentar l'ample de banda Uplink a 384 kbps.
- Estudiar l'impacte sobre el Core (SGSN, GGSN), GRX en cas de roaming, HLR i facturació (dimensionar els elements per HSDPA fase 4 i HSUPA).
- Estudiar l'evolució i decidir sobre la implementació en una nova portadora quan el tràfic ho justifiqui i que la xarxa de transport ho permeti.

4.2. Nous emplaçaments

L'existència d'una cobertura de UMTS no contínua, ha provocat que aparegui la necessitat de nous emplaçaments per a intentar millorar el servei. Com ja havíem esmentat anteriorment, l'objectiu principal és arribar a donar un servei com el de GSM que ofereixi cobertura continua en tot el territori.

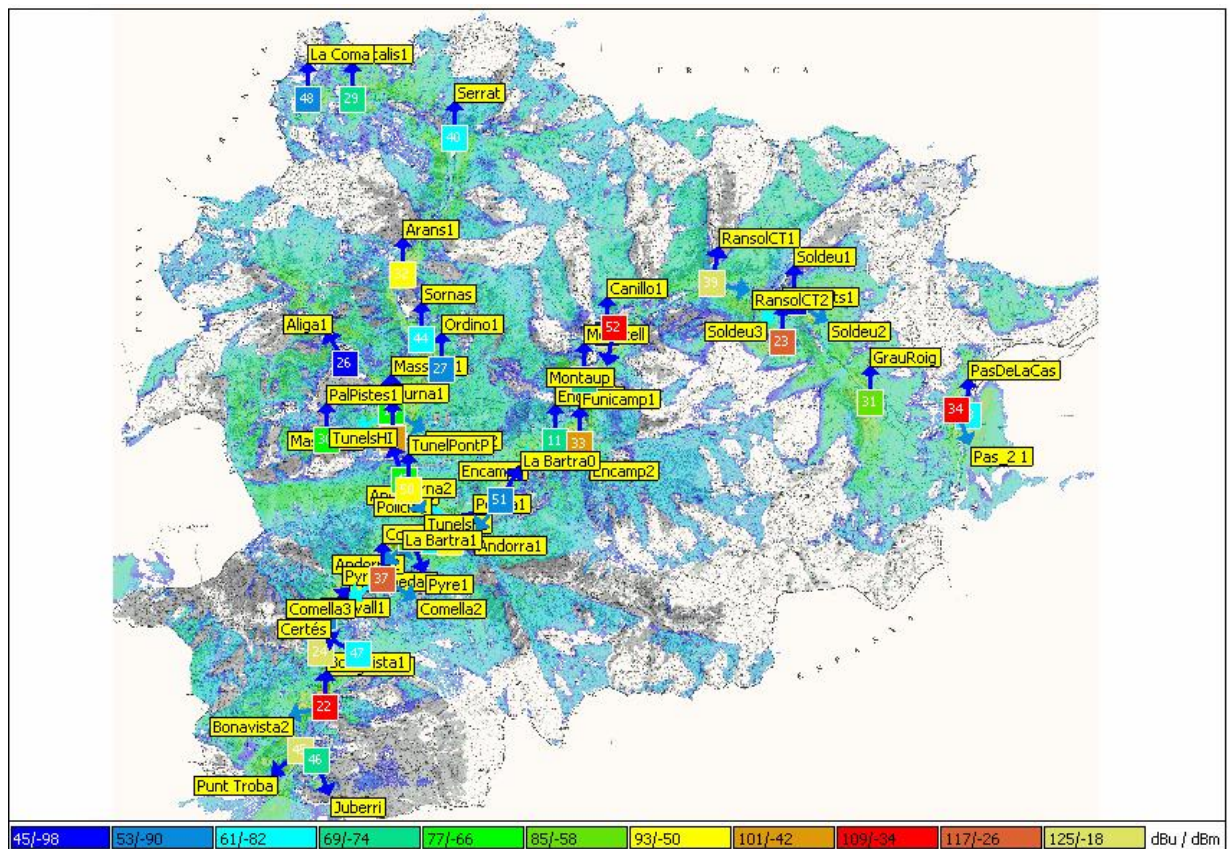
Per portar a terme això, s'han afegit els emplaçaments que podem veure a la taula 4.1. Per a l'elecció d'aquests emplaçaments es van considerar principalment les zones amb una manca de cobertura i on es tingués una disposició d'espai per a la instal·lació dels elements necessaris, ja que el problema principal de la instal·lació de nous emplaçaments és l'existència d'un espai adequat. En principi, la majoria dels nous emplaçaments ja són existents a GSM, ja que com hem dit anteriorment, s'intenta maximitzar el reús dels sites dels que ja disposem.

Taula 4.1. Nous emplaçaments

Punt de Trobada	La Coma	Túnel Sant Antoni
Juberri	La Bartra	Sornàs
Certès	Meritxell	Serrat
Túnel Pont Pla Nord	Montaup	

Després de situar els nous emplaçaments, hem de comprovar que efectivament ofereixen una bona cobertura i ajuden a millorar la continuïtat del servei.

A la figura següent podem observar la simulació de cobertura amb els nous emplaçaments situats.

**Fig. 4.1** Ampliació de cobertura

Amb els nous emplaçaments comprovem que la cobertura ha augmentat fins al 58,9% del territori. En un principi, aquestes són les noves estacions que oferiran cobertura d'una manera més immediata. Hem de remarcar, que la instal·lació de noves estacions continuarà, fent créixer el nivell de cobertura successivament fins a arribar a un valor com a mínim igual que en el cas de GSM.

CONCLUSIÓ

Com ja hem esmentat anteriorment, la implantació de la xarxa UMTS suposa un gran avenç per als serveis i les aplicacions ofertes per la xarxa.

Durant tot el projecte hem intentat donar una visió de l'estructura de la xarxa GSM i UMTS tant en general, com particularitzant les característiques en el cas d'Andorra.

L'estructura elegida ens a permès estudiar les dues xarxes per separat i per últim comprovar el seu correcte funcionament conjunt. Les estadístiques ens aporten una informació necessària en aquest sentit ja que hem pogut veure la migració d'una xarxa a l'altra dels establiments de trucada en mòbils que suporten la xarxa 3G. Això és important ja que suposa una disminució del tràfic inicial en GSM, encara que com hem puntualitzat, degut a que la cobertura UMTS de moment no és continua, el correcte funcionament dels *handovers* de 3G a 2G suposen una part important per a assegurar un servei satisfactori. En un futur, aquest aspecte deixarà de ser tant necessari ja que el que es pretén és oferir un servei continu de UMTS i no per zones.

Les simulacions de cobertura aporten una informació clau per tenir una idea sobre les possibles zones sense servei i per comprovar que els nivells de senyal són els òptims per al correcte funcionament de la xarxa.

L'estudi de la xarxa d'STA d'Andorra ha suposat una experiència molt interessant pel fet de conèixer internament el desplegament d'un nou servei, així com els estudis previs i instal·lacions que s'han de realitzar abans de començar amb la planificació de cobertura i la distribució de la xarxa. Actualment, es continuen realitzant estudis per a una propera ampliació de la xarxa que porti un servei general a tot el territori, fet que suposarà una cobertura total ens els propers anys.

ANNEX I

1. Canals lògics de GSM

1.1. Canals de tràfic (TCH)

Els canals de tràfic en GSM poden ser de velocitat completa (*full rate*) o de velocitat mitja (*half rate*), i poden portar veu digitalitzada o dades d'usuari. Quan transmetem a *full rate*, les dades es troben contingudes en un *time slot* per cada trama, mentre que si transmetem en *half rate* les dades es transporten al mateix *time slot* però en trames alternades. Es defineixen dos formes generals de TCHs:

- Canals *full rate* (TCH/F) que transporten la informació a una velocitat de 22,8 kbps.
- Canals *half rate* (TCH/H) que transporten la informació a una velocitat de 11,4 kbps.

Per a transportar la veu codificada s'utilitzen dos tipus de canals:

- TCH *full rate* per veu (TCH/FS), que transporta la veu digitalitzada a 13 kbps. Després de la codificació de canal la velocitat és de 22,8 kbps.
- TCH *half rate* per veu (TCH/HS), que ha estat dissenyat per a transportar la veu digitalitzada que ha estat mostrejada a la meitat que la d'un canal *full rate*. Després de la codificació de canal la velocitat és de 11,4 kbps.

Per a transportar dades d'usuari es defineixen els següents canals de tràfic:

- TCH/F9,6: Transporta dades d'usuari a 9,6 kbps. Amb la codificació de correcció d'errors aplicada, les dades s'envien a 22,8 kbps.
- TCH/F4,8: Transporta dades d'usuari a 4,8 kbps. Amb la codificació de correcció d'errors aplicada, les dades s'envien a 22,8 kbps.
- TCH/F2,4: Transporta dades d'usuari a 2,4 kbps. Amb la codificació de correcció d'errors aplicada, les dades s'envien a 22,8 kbps.
- TCH/H4,8: Transporta dades d'usuari a 4,8 kbps. Amb la codificació de correcció d'errors aplicada, les dades s'envien a 11,4 kbps.
- TCH/H2,4: Transporta dades d'usuari a 2,4 kbps. Amb la codificació de correcció d'errors aplicada, les dades s'envien a 11,4 kbps.

1.2. Canals de control (CCH)

Els canals de control es poden separar en tres categories:

- Canals de radiodifusió (BCH).
- Canals de control dedicats (DCCH).

- Canals comuns de control (CCCH).

Cada canal de control consisteix en diferents canals lògics distribuïts en el temps per a proporcionar les funcions de control necessàries en GSM. Els canals de control downlink BCH i CCCH s'implementen només en certs canals ARFCN (canals de 200kHz en que estan dividits les bandes de freqüència superior i inferior) i es localitzen en *time slots* d'una forma específica. Concretament, aquests canals es localitzen només en el TS0 i s'emeten només durant certes trames dins d'una seqüència de 51 trames (multitrama). Des del TS1 fins el TS7 es transporten canals de tràfic.

1.2.1. Canals broadcast (BCH)

El BCH opera al downlink d'un ARFCN específic dins de cada cel·la i transmet dades únicament en el TS0 d'algunes trames GSM. Al contrari que els TCHs que són dúplex, els BCHs només s'utilitzen en el downlink. Aquest serveix com un canal guia per a qualsevol mòbil proper que l'identifiqui i s'enganxi a ell. Proporciona sincronització per a tots el mòbils dins de la cel·la i es monitoritzat ocasionalment pels mòbils de cel·les veïnes per rebre dades de potència i poder realitzar les decisions de handover. Encara que les dades es transmetin en el TS0, els altres time slots estan disponibles per a dades TCH, DCCH o ràfegues buides.

Dins dels canals BCH es defineixen tres tipus de canals:

- Canal de control broadcast (BCCH): Canal downlink que s'utilitza per enviar informació d'identificació de cel·la i de xarxa, així com característiques operatives de la cel·la (estructura actual dels canals de control, disponibilitat de canals i congestió). El BCCH també envia la llista de canals que estan en us en una cel·la.
- Canal de correcció de freqüència (FCCH): És una ràfega de dades que utilitza el TS0 per a la primera trama d'una multitrama de control i que es repeteix cada deu trames. Permet a cada estació mòbil sincronitzar la seva freqüència interna a la freqüència exacta de l'estació base.
- Canal de sincronització (SCH): S'envia al TS0 de la trama immediatament posterior del FCCH i s'utilitza per identificar l'estació base que dona servei mentre que permet a cada mòbil la sincronització de les trames amb l'estació base.

1.2.2. Canals comuns de control (CCCH)

Els canals CCCH permeten l'establiment de l'enllaç entre el mòbil i l'estació base.

Podem distingir tres tipus de CCCH:

- Canal de búsqueda (PCH): Proporciona senyals de búsqueda a tots els mòbils d'una cel·la i avisa als mòbils si s'ha produït alguna trucada

provinent de la PSTN. El PCH transmet l'IMSI de l'usuari destí junt amb la petició de reconeixement de la unitat mòbil a través d'un RACH.

- Canal d'accés aleatori (RACH): És un canal uplink utilitzat pel mòbil per a confirmar una búsqueda provinent d'un PCH i també per originar una trucada. Tots els mòbils han de demanar accés o respondre davant d'una petició per part d'un PCH dins del TS0. Per establir el servei, l'estació base ha de respondre a la transmissió RACH donant un canal de tràfic i assignant un canal de control dedicat (SDCCH) per a la senyalització durant la trucada. Aquesta connexió es confirmada per l'estació base a través d'un AGCH.
- Canal d'accés concedit (AGCH): S'utilitza per l'estació base per a proporcionar un enllaç de comunicacions amb el mòbil i porta dades que ordenen al mòbil a operar en un canal de tràfic determinat (en un determinat TS i en un ARFCN) amb un canal de control dedicat.

1.2.3. Canals de control dedicats (DCCH)

Existeixen tres tipus de canals de control dedicats en GSM i, com en els canals de tràfic, són bidireccionals i tenen el mateix format i funció tant en el uplink com en el downlink. De la mateixa manera que en els TCHs, poden existir en qualsevol time slot excepte en el TS0 dels ARFCN dels BCHs. Aquests canals s'utilitzen per a proporcionar serveis de senyalització requerits pels usuaris. Els canals de control associats lents i ràpids (SACCH i FACCH) s'utilitzen per a supervisar les transmissions de dades entre l'estació mòbil i l'estació base durant una trucada.

- Canal de control dedicat (SDCCH): Transporta dades de senyalització seguint la connexió del mòbil amb l'estació base i just abans de la connexió el crea l'estació base. S'assegura que l'estació mòbil i l'estació base segueixen connectats mentre que l'estació base i la MSC verifica la unitat d'abonats i localitza els recursos pel mòbil.
- Canal de control associat lent (SACCH): Està sempre associat a un canal de tràfic o a un SDCCH i s'assigna dins del mateix canal físic. Per tant, cada ARFCN sistemàticament porta dades SACCH per a tots els usuaris actuals. En el downlink, s'utilitza per enviar informació sobre els canvis de control al mòbil tals com instruccions sobre la potència a transmetre i instruccions específiques de temporització. En el uplink, transporta informació referent a la potència de la senyal rebuda i de la qualitat del TCH, així com les mesures BCH de les cel·les veïnes.
- Canal de control associat ràpid (FACCH): Transporta missatges urgents i contenen essencialment el mateix tipus d'informació que els SDCCHs. Un FACCH s'assigna quan un SDCCH no s'ha dedicat per un usuari en particular i hi ha un missatge urgent (com una resposta de handover). El FACCH guanya temps d'accés utilitzant trames del canal de tràfic al que està assignat. Això és possible a través de l'activació de bits especials que en aquest cas s'anomenen *stealing bits*.

2. GSM a Andorra

2.1. Distribució de cel·les de la Comella

Site	Nom	Cell Id	BCCH	TCH
1	Pas 3040	3040	74	62,70,78,80,84,
2	Santa_Coloma 1020	1020	115	1,5,45,111,17,
3	Pyrenees1800 1240	1240	656	660,664,680,684,688,
3	Pyrenees1800 1241	1241	668	672,676,692,696,700,
4	Pardines 1000	1000	27	7,56,
4	Pardines 1001	1001	113	62,101,
5	Soldeu_mini 3520	3520	6	4,
5	Soldeu_mini 3521	3521	23	18,
6	Maia 3090	3090	87	18,34,
6	Maia 3091	3091	55	41,47,36,83,122,
7	Goma 2080	2080	90	104,107,118,35,93,96,124,
7	Goma 2081	2081	100	115,51,
8	Aliga_HII 2010	2010	108	2,69,111,
8	Aliga_HII 2011	2011	56	72,76,87,9,40,
12	Ordino 2030	2030	78	74,70,113,102,122,
13	Canillo2 3200	3200	36	88,83,56,47,41,
15	Ransol 3020	3020	114	13,16,25,68,94,
16	ITV 1040	1040	7	64,
17	Arans_HI 2040	2040	62	92,
18	Andorra 1030	1030	59	21,25,41,
18	Andorra 1031	1031	98	29,71,77,
18	Andorra 1032	1032	87	19,65,83,
20	Margineda 1220	1220	528	866,626,
20	Margineda 1221	1221	558	554,550,
22	Pal_Pistes 2160	2160	37	58,26,13,63,46,
25	St_Julia 1010	1010	58	31,36,13,
27	Comella 1100	1100	89	51,63,119,79,123,
27	Comella 1101	1101	121	72,76,99,67,93,
32	Bts_Mobil 2130	2130	31	54,58,8,13,
32	Bts_Mobil 2131	2131	25	
34	Escorxada 3100	3100	116	63,4,28,18,23,
36	Tunels_HI 1050	1050	1	5,11,
36	Tunels_HI 2110	2110	32	121,60,
38	ArcalisHI 2060	2060	56	22,46,71,2,5,
40	RANSOL_CT 3220	3220	10	32,51,44,59,81,
42	Feda2 3190	3190	45	4,20,64,37,82,
42	Feda2 3191	3191	124	
43	Soldeu 3210	3210	513	517,521,525,529,533,
43	Soldeu 3211	3211	537	541,545,
43	Soldeu 3212	3212	585	589,593,
45	Tunel_Pas 3140	3140	68	72,
48	STA_Coloma 1180	1180	618	622,626,

48	STA_Coloma 1181	1181	634	
50	St_Ermengol_1800 1150	1150	512	516,520,524,528,532,
50	St_Ermengol_1800 1151	1151	584	588,592,596,600,604,
55	Pic_Negre 2120	2120	12	48,
56	Llorts 2140	2140	20	22,
57	Sornas 2150	2150	45	120,
58	La_Massana 2000	2000	21	25,43,54,
58	La_Massana 2001	2001	29	41,58,61,
58	La_Massana 2002	2002	98	109,17,80,
60	Policia_H2 1070	1070	103	114,96,91,47,43,
60	Policia_H2 1071	1071	105	17,49,53,57,101,
62	Canolic 1120	1120	38	34,
62	Canolic 1121	1121	99	103,
69	Meritxell 3050	3050	59	17,4,
73	Encamp 3000	3000	638	642,646,650,
73	Encamp 3001	3001	654	658,662,666,
73	Encamp 3002	3002	670	674,678,682,
74	Feda_omni 3191	3191	14	18,28,62,
75	Portella 3673	3673	8	12,

2.2. Distribució de cel·les de Santa Coloma

Site	Nom	Cell Id	BCCH	TCH
9	certes 1770	1770	42	33,24,1,55,46,
11	pal 2520	2520	65	11,15,19,
11	pal 2521	2521	60	50,
14	canillo 3510	3510	53	49,57,33,64,66,
19	pic_blanc_backup 3710	3710	49	6,10,12,
21	duana 1580	1580	60	54,
21	duana 1582	1582	13	68,
24	burna 2570	2570	27	9,13,3,23,
24	burna 2571	2571	67	63,114,38,47,56,
26	espiolets 3560	3560	109	101,105,76,71,79,
26	espiolets 3561	3561	73	21,30,51,61,86,
28	pas_2_H2 3620	3620	115	44,60,100,94,109,121, 124,30,38,52,57,
30	funicamp 3580	3580	61	31,55,96,
30	funicamp 3581	3581	74	84,
31	bonavista 1610	1610	19	9,29,40,22,5,49,
31	bonavista 1611	1611	15	11,
31	bonavista 1612	1612	65	
33	funicamp_1800 3680	3680	800	804,808,812,816,820,
35	juberri 1760	1760	97	105,93,71,
37	aixovall 1630	1630	73	70,88,
37	aixovall 1631	1631	91	95,78,

39	comella1800 1640	1640	560	564,568,572,576,580,
39	comella1800 1641	1641	632	636,640,644,648,652,
41	arinsal 2020	2020	16	18,20,33,
41	arinsal 2021	2021	37	50,52,60,65,74,
44	grau_roig 3630	3630	1	4,
44	grau_roig 3631	3631	26	14,19,22,
47	la_coma 2590	2590	68	53,24,30,8,27,
49	comellaTV 1690	1690	704	708,712,716,720,724,
49	comellaTV 1691	1691	728	732,736,740,744,748,
51	policia_1800 1660	1660	536	540,544,548,552,556,
51	policia_1800 1661	1661	608	612,616,620,624,628,
52	andorra1800 1710	1710	752	756,760,764,
52	andorra1800 1711	1711	768	772,776,780,
52	andorra1800 1712	1712	784	788,792,796,
53	neres 2600	2600	4	17,58,
53	neres 3670	3670	6	2,10,33,
53	neres 3671	3671	39	124,89,
53	neres 3672	3672	120	
59	punt_trobada 1700	1700	75	77,79,83,
61	st_Ermengol_900 1590	1590	117	94,112,69,39,74,
61	st_Ermengol_900 1591	1591	107	3,7,31,35,55,
63	pic_blanc 3530	3530	91	107,103,96,
63	pic_blanc 3570	3570	118	89,98,16,93,112,
64	pyrenees 1560	1560	33	9,13,27,43,37,
64	pyrenees 1561	1561	109	11,15,23,61,47,
65	feda_marginada 1730	1730	562	566,570,
65	feda_marginada 1731	1731	574	578,582,
66	pyrennees_centre 1750	1750	824	828,832,836,840,844,
67	carroi 4500	4500	85	81,
67	carroi 4501	4501	52	44,111,
68	vila_encamp 3660	3660	35	12,16,24,30,99,47,78,105,
71	la_rabassa 4510	4510	5	1,
72	serrat_H2 2550	2550	106	32,

3. Canals de transmissió de UMTS

En UMTS es defineixen tres tipus de canals:

- Canals lògics: Es defineixen pel tipus d'informació que transporten i es divideixen en canals de control, per a la transferència de senyalització, i canals de tràfic que s'utilitzen per a la transmissió de dades d'usuari.
- Canals de transport: Es defineixen en base a com i amb quines característiques es transmet la informació.
- Canals físics: Tots els canals de transport es corresponen amb un canal físic i alguns d'aquests no són visibles a nivells superiors.

3.1. Canals lògics

De la mateixa manera que en GSM, els canals lògics es divideixen en dos tipus de canals, de tràfic i de control.

3.1.1. Canals de tràfic

- DTCH (Dedicated Traffic Channel): Canal bidireccional punt a punt que s'encarrega de transmetre informació dedicada d'usuari entre un UE i la xarxa.
- CTCH (Common Traffic Channel): Canal downlink punt multipunt que transmet informació dedicada d'usuari a tots o a un grup específic de UEs.

3.1.2. Canals de control

- BCCH (Broadcast Control Channel): Canal downlink que difon tot tipus d'informació del sistema, així com informació específica de la cel·la.
- PCCH (Paging Control Channel): Canal downlink que transmet informació de paging. S'utilitza per trobar un UE (o diversos) que es trobin en mode *idle* o en mode connectat.
- DCCH (Dedicated Control Channel): Canal bidireccional punt a punt que transmet informació de control dedicada entre un UE i la xarxa.
- CCCH (Common Control Channel): Canal bidireccional per transmetre informació de control entre la xarxa i els UEs.

3.2. Canals de transport

Per transmetre els canals lògics, es defineixen dos tipus de canals de transport: els canals comuns que son compartits per varis UEs i els canals dedicats, pels quals el UE ve determinat pel canal físic utilitzat.

3.2.1. Canals comuns

- BCH (Broadcast Channel): Canal downlink que s'utilitza per difondre informació del sistema per tota la cel·la.
- FACH (Forward Acces Channel): Canal downlink que s'utilitza per enviar informació de control i la transmissió està limitada en el temps.
- PCH (Paging Channel): Canal downlink que s'utilitza per difondre informació de control per tota la cel·la, com *paging* o notifikacions.
- DSCH (Downlink Shared Channel): Canal downlink compartit per diversos UEs, transporta control dedicat o dades de tràfic i sempre va associat a un DCH.

- RACH (Random Access Channel): Canal uplink que s'utilitza per enviar informació de control a la xarxa, encara que també pot ser utilitzat per enviar poca informació en forma de paquets.
- CPCH (Common Packet Channel): Canal uplink utilitzat per a transmissions de paquets a la xarxa.

3.2.2. Canals dedicats

- DCH (Dedicated Channel): Canal dedicat a un UE i utilitzat tant en el uplink com en el downlink amb una tasa de 2 Mbps.

3.3. Canals físics

Els canals físics s'utilitzen per transmetre finalment la informació per la interfície de l'aire i defineixen les característiques físiques exactes del canal ràdio.

- SCH (Synchronization Channel): Canal downlink que és necessari per a que la unitat mòbil busqui cel·les i per a la sincronització d'elles mateixes.
- CCPCH (Common Control Physical Channel): Canal downlink utilitzat per transportar informació comú de control com informació de cel·la.
- CPICH (Common Pilot Control Channel): Canal downlink utilitzat per ajudar al UE a rebre senyals correctes des de la xarxa.
- DPDCH (Dedicated Physical Data Channel): Canal uplink i downlink dedicat a portar informació del DCH.
- DPCCCH (Dedicated Physical Control Channel): Canal uplink i downlink que transporta informació de la capa física necessària per la operació del sistema.
- PDSCH (Physical Downlink Shared Channel): Canal downlink utilitzat per transportar dades provinents de diferents usuaris.
- PICH (Page Indication Channel): Canal downlink que suporta recepció discontinua i transporta informació referent a la presència de missatges de *paging* en el PCH.
- PRACH (Physical Random Access Channel): Canal uplink que transporta informació d'accés aleatori (RACH) quan un UE es vol comunicar amb la xarxa.
- PCPCH (Physical Common Packet Channel): Canal uplink que transporta dades provinents de diferents usuaris (CPCH).
- AICH (Acquisition Indicator Channel): Canal downlink que s'utilitza per informar a l'UE que la xarxa ha rebut correctament la seva petició d'accés.

4. Antenes utilitzades. Característiques

Multi-band F-Panel

Dual Polarization

Half-power Beam Width

Adjust. Electrical Downtilt

set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit)

1710–2200

X

65°

0°–10°

KATHREIN

Antennen · Electronic

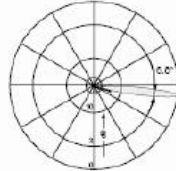
XPol F-Panel 1710–2200 65° 18dBi 0°–10°T

Type No.	742 215		
Frequency range	1710–2200		
	1710 – 1880 MHz	1850 – 1990 MHz	1920 – 2200 MHz
Polarization	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°
Gain	2 x 17.7 dBi	2 x 17.9 dBi	2 x 18 dBi
Half-power beam width	Horizontal: 67° Vertical: 5.8°	Horizontal: 66° Vertical: 6.5°	Horizontal: 65° Vertical: 6.2°
Copolar +45°/–45°			
Electrical tilt continuously adjustable	0°–10°	0°–10°	0°–10°
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	0° ... 4° ... 8° ... 10° T 18 ... 17 ... 17 ... 17 dB	0° ... 4° ... 8° ... 10° T 19 ... 18 ... 17 ... 17 dB	0° ... 4° ... 8° ... 10° T 18 ... 18 ... 17 ... 18 dB
Front-to-back ratio (180° ± 30°)	Copolar: > 30 dB Total power: > 25 dB	Copolar: > 30 dB Total power: > 25 dB	Copolar: > 30 dB Total power: > 25 dB
Cross polar ratio			
Main direction	Typically: 25 dB > 10 dB	Typically: 25 dB > 10 dB	Typically: 25 dB > 10 dB
Sector	0° ±60°		
Isolation, between ports	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Impedance	50 Ω	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< –150 dBc		
Max. power per input	300 W (at 50 °C ambient temperature)		

1710 – 1880 MHz: +45°/–45° Polarization

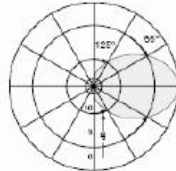


Horizontal Pattern

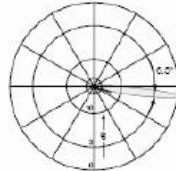


Vertical Pattern
0°–10° electrical downtilt

1850 – 1990 MHz: +45°/–45° Polarization

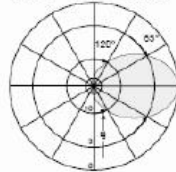


Horizontal Pattern

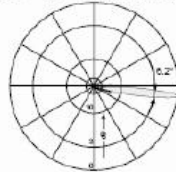


Vertical Pattern
0°–10° electrical downtilt

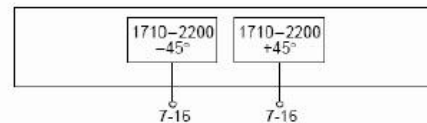
1920 – 2200 MHz: +45°/–45° Polarization



Horizontal Pattern



Vertical Pattern
0°–10° electrical downtilt



Mechanical specifications

Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Adjustment mechanism	1x, Position bottom continuously adjustable
Weight	7.5 kg
Wind load	Frontal: 130 N (at 150 km/h) Lateral: 110 N (at 150 km/h) Rearside: 310 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	1574 x 172 x 92 mm
Height/width/depth	1302 / 155 / 69 mm

page 1 of 4 742 215

2-Multi-band F-Panel**Dual Polarization****Half-power Beam Width****Adjust. Electr. Downtilt**

set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit)

1710-2170 1710-2170

X X

65° 65°

0°-8° 0°-8°

KATHREIN

Antennen · Electronic

XXPol F-Panel 1710-2170/1710-2170 65°/65° 18/18dBi 0°-8°/0°-8°T

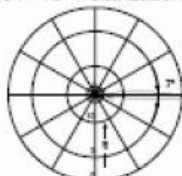
Type No.	742 234		
Frequency range	1710-2170		
	1710 - 1880 MHz	1850 - 1990 MHz	1920 - 2170 MHz
Polarization	+45°, -45°; +45°, -45°	+45°, -45°; +45°, -45°	+45°, -45°; +45°, -45°
Gain	4 x 17.5 dBi	4 x 17.7 dBi	4 x 17.8 dBi
Half-power beam width Copolar +45°/-45°	Horizontal: 66° Vertical: 7°	Horizontal: 65° Vertical: 6.7°	Horizontal: 64° Vertical: 6.5°
Electrical tilt continuously adjustable	0°-8°	0°-8°	0°-8°
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	0° ... 2° ... 5° ... 8° T 17 ... 17 ... 15 ... 15 dB	0° ... 2° ... 5° ... 8° T 20 ... 20 ... 18 ... 18 dB	0° ... 2° ... 5° ... 8° T 20 ... 20 ... 18 ... 16 dB
Front-to-back ratio	Copolar: > 25 dB Total power: > 25 dB	Copolar: > 25 dB Total power: > 25 dB	Copolar: > 25 dB Total power: > 25 dB
Cross polar ratio Maindirection Sector	0° ±60°	Typically: 25 dB > 10 dB	Typically: 25 dB > 10 dB
Isolation, between Inputs	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Impedance	50 Ω	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc		
Max. power per Input	300 W (at 50 °C ambient temperature)		



1710 - 1880 MHz: +45°/-45° Polarization



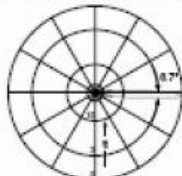
Horizontal Pattern

Vertical Pattern
0°-8° electrical downtilt

1850 - 1990 MHz: +45°/-45° Polarization



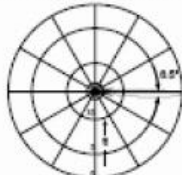
Horizontal Pattern

Vertical Pattern
0°-8° electrical downtilt

1920 - 2170 MHz: +45°/-45° Polarization



Horizontal Pattern

Vertical Pattern
0°-8° electrical downtilt

1710-2170 +45°	1710-2170 -45°	1710-2170 +45°	1710-2170 -45°
7-16	7-16	7-16	7-16

Mechanical specifications

Input	4 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Adjustment mechanism	2x, Position bottom continuously adjustable
Weight	15.5 kg
Wind load	Frontal: 570 N (at 150 km/h) Lateral: 110 N (at 150 km/h) Rearside: 570 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	1589 x 322 x 108 mm
Height/width/depth	1304 / 299 / 69 mm

page 1 of 4 742 234

Internet: <http://www.kathrein.de>

KATHREIN-Werke KG · Anton-Kathrein-Straße 1 - 3 · PO Box 10 04 44 · D-83004 Rosenheim · Germany · Telephone +49 8031 1 84-0 · Fax +49 8031 1 84-9 73

Triple-band A-Panel**Dual Polarization****Half-power Beam Width****Adjust. Electr. Downtilt**

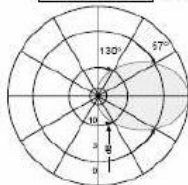
set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit)

806–960 **1710–1880** **1920–2170****X** **X** **X****67°** **65°** **65°****0°–10°** **0°–6°** **0°–6°****KATHREIN**

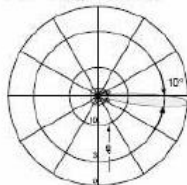
Antennen · Electronic

XXXPol A-Panel 806–960/1710–1880/1920–2170 67°/65°/65° 16.5/17.5/18dBi 0°–10°/0°–6°/0°–6°T

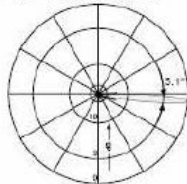
Type No.	742 271				
Frequency range	806–960		1710–1880	1920–2170	
	806–866 MHz	824–894 MHz	880–960 MHz	1710–1880 MHz	1920–2170 MHz
Polarization	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°
Gain	2 x 16 dBi	2 x 16.1 dBi	2 x 16.3 dB	2 x 17.5 dBi	2 x 18 dBi
Half-power beam width Copolar +45°/–45°	Horizontal: 69° Vertical: 11°	Horizontal: 68° Vertical: 10.7°	Horizontal: 67° Vertical: 9.8°	Horizontal: 65° Vertical: 5.1°	Horizontal: 65° Vertical: 4.8°
Electrical tilt continuously adjustable	0°–10°	0°–10°	0°–10°	0°–6°	0°–6°
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	0° ... 5° ... 10° T 15 ... 15 ... 13 dB	0° ... 5° ... 10° T 15 ... 15 ... 13 dB	0° ... 5° ... 10° T 15 ... 15 ... 13 dB	0° ... 3° ... 6° T 14 ... 15 ... 16 dB	0° ... 3° ... 6° T 14 ... 14 ... 14 dB
Front-to-back ratio, copolar	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 24 dB	> 25 dB
Cross polar ratio Maindirection Sector	Typically: 25 dB > 10 dB	Typically: 25 dB > 10 dB	Typically: 25 dB > 10 dB	Typically: 18 dB > 10 dB	Typically: 20 dB > 10 dB
Isolation: Intrasystem	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Isolation: Intersystem	> 50 dB (806–960 // 1710–1880 MHz) > 50 dB (806–960 // 1920–2170 MHz) > 30 dB (1710–1880 // 1920–2170 MHz)				
Impedance	50 Ω	50 Ω	50 Ω	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< –150 dBc		< –150 dBc		< –150 dBc
Max. power per input	250 W		200 W		200 W
	(at 50 °C ambient temperature)				

806–960 +45°/–45° Polarization

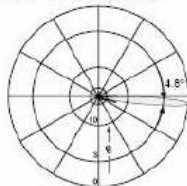
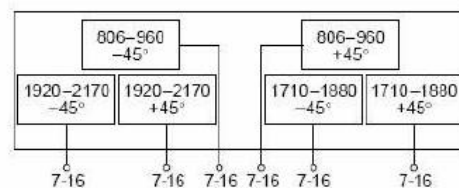
Horizontal Pattern

Vertical Pattern
0°–10° electrical downtilt**1710–1880** +45°/–45° Polarization

Horizontal Pattern

Vertical Pattern
0°–6° electrical downtilt**1920–2170** +45°/–45° Polarization

Horizontal Pattern

Vertical Pattern
0°–6° electrical downtilt**Mechanical specifications**

Input	6 x 7-16 female	
Connector position	Bottom	
Adjustment mechanism	3x, Position bottom continuously adjustable	
Weight	33 kg	
Wind load	Frontal:	370 N (at 150 km/h)
	Lateral:	300 N (at 150 km/h)
	Rearside:	820 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h	
Packing size	2379 x 304 x 204 mm	
Height/width/depth	2058 / 262 / 149 mm	

Dual-band A-Panel**Dual Polarization****Half-power Beam Width****Adjust. Electr. Downtilt**

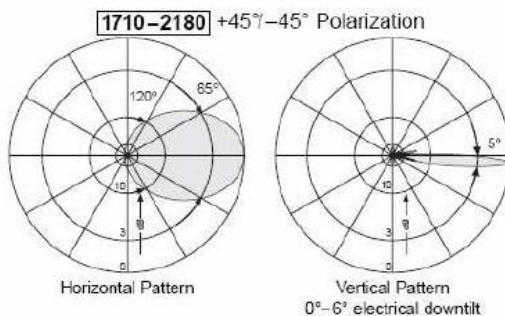
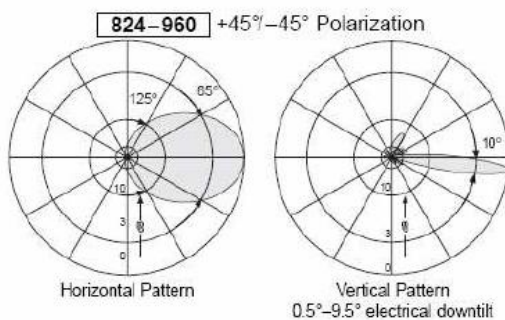
set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit)

824-960 **1710-2180****X** **X****65°** **65°****0°-10°** **0°-6°****KATHREIN**

Antennen · Electronic

XXPol A-Panel 824-960/1710-2180 65°/65° 16/18.5dBi 0°-10°/0°-6°T

Type No.	742 265				
Frequency range	824-960		1710-2180		
	824-894 MHz	880-960 MHz	1710-1880 MHz	1850-1990 MHz	1920-2180 MHz
Polarization	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°
Gain	2 x 15.5 dBi	2 x 16 dBi	2 x 17.8 dBi	2 x 18.2 dBi	2 x 18.3 dBi
Half-power beam width	Horizontal: 68°	Horizontal: 65°	Horizontal: 66°	Horizontal: 65°	Horizontal: 63°
Copolar +45°/-45°	Vertical: 10.5°	Vertical: 10°	Vertical: 5.2°	Vertical: 5.0°	Vertical: 4.7°
Electrical tilt continuously adjustable	0.5°-9.5°	0.5°-9.5°	0°-6°	0°-6°	0°-6°
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	0° ... 5° ... 10° T 16 ... 16 ... 17 dB	0° ... 5° ... 10° T 18 ... 18 ... 18 dB	0° ... 3° ... 6° T 14 ... 13 ... 13 dB	0° ... 3° ... 6° T 18 ... 17 ... 14 dB	0° ... 3° ... 6° T 18 ... 17 ... 14 dB
Front-to-back ratio, copolar	> 27 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB
Cross polar ratio	Typically: 20 dB	Typically: 20 dB	Typically: 16 dB	Typically: 18 dB	Typically: 18 dB
Main direction	0°				
Sector	±60°	> 10 dB	> 10 dB	> 10 dB	> 10 dB
Isolation: Intrasystem	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Isolation: Intersystem	> 50 dB (824-960 // 1710-2180 MHz)				
Impedance	50 Ω	50 Ω	50 Ω	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc		< -150 dBc		
Max. power per input	250 W		200 W		
	(at 50 °C ambient temperature)				



1710-2180 -45°	824-960 -45°	824-960 +45°	1710-2180 +45°
7-16	7-16	7-16	7-16

Mechanical specifications

Input	4 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Adjustment mechanism	2x, Position bottom continuously adjustable
Weight	23 kg
Wind load	Frontal: 340 N (at 150 km/h) Lateral: 280 N (at 150 km/h) Rearside: 640 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	2215 x 302 x 192 mm
Height/width/depth	1916 / 262 / 139 mm

5. Dades de les gràfiques

5.1. Abans del llançament de la xarxa 3G

Device Name	Total trucades	Total Multirat	% Multirat
Bonavista	113601	2825	2.49%
Comella	446120	11956	2.68%
Andorra	311439	10138	3.26%
Pyrenees	279002	8915	3.20%
Encamp	75526	1753	2.32%
Canillo	62119	2230	3.59%
Pas de la Casa	59250	3807	6.43%
Polícia	272470	8250	3.03%
La Massana	90222	2496	2.77%
Ordino	40502	866	2.14%
La Margineda	23548	602	2.56%
Soldeu	91526	6780	7.41%
Espiolets	33527	2777	8.28%
Burna	49104	1676	3.41%
Aliga	51776	2368	4.57%
Ransol CT	61172	3677	6.01%
Aixovall	21380	530	2.48%
Arcalis	12174	715	5.87%
Pas2	103392	8696	8.41%
Pal Pistes	21046	1193	5.67%
Grau Roig	16694	982	5.88%
Arans	5683	172	3.03%
Funicamp	82368	2293	2.78%
	2323641	85697	3.69%

5.2. Després del llançament de la xarxa 3G

Device Name	Total trucades	Total Multirat	% Multirat
Bonavista	115014	306	0.27%
Comella	500961	2514	0.50%
Andorra	301029	2988	0.99%
Pyrenees	292864	1260	0.43%
Encamp	69228	165	0.24%
Canillo	29309	147	0.50%
Pas de la Casa	43026	129	0.30%
Polícia	239693	1868	0.78%
La Massana	78778	293	0.37%
Ordino	39520	167	0.42%
La Margineda	24679	70	0.28%
Soldeu	30939	662	2.14%
Espiolets	7078	123	1.74%
Burna	44833	288	0.64%
Aliga	37626	529	1.41%
Ransol CT	24522	385	1.57%
Aixovall	21855	78	0.36%
Arcalis	989	1	0.10%
Pas2	29124	222	0.76%
Pal Pistes	5345	76	1.42%
Grau Roig	2226	47	2.11%
Arans	4400	8	0.18%
Funicamp	74940	633	0.84%
	2017978	12959	0.64%

ANNEX II

1. UMTS link budget spreadsheet

Els següents apartats tenen com a objectiu donar una visió general del que implica el link budget.

1.1. Principis de càlcul

1.1.1. *Missió del link budget*

El link budget de UMTS s'utilitza per calcular el tamany de cel·la, per a una capacitat donada.

El tamany de la cel·la és avaluada aplicant un model de propagació basant-nos en unes pèrdues màximes de camí permeses per cada usuari dins d'una distància determinada.

En GSM, el link budget consisteix en calcular les màximes pèrdues de camí permeses tant en uplink com en downlink. Això és possible si :

- En uplink, el valor de E_b/N_0 de la BS i la potència de sortida del MS són coneguts.
- En downlink, el valor de E_b/N_0 del UE i la potència de sortida de la BS per usuari són fixos.

El tamany de la cel·la es defineix pel pitjor cas del link budget. La capacitat és definida pel nombre de transmissions a la BS.

En CDMA, la dificultat ve donada pel fet que la potència de sortida de la BS s'ha de repartir entre tots els usuaris en funció de la seva localització dins de la cel·la i el nombre d'usuaris depèn del tamany de la cel·la.

Al contrari que en GSM, els enllaços uplink i downlink estan molt correlats i aquest és el motiu pel qual en el IS-95 (estàndard de telefonia cel·lular) no es calcula el link budget en el cas del downlink.

A la resta d'apartats, es descriuen els principis aplicats en UMTS per al càlcul del link budget.

1.1.2. Cas uplink

1.1.2.1. Principis

El cas uplink està especificat de la següent forma:

- La capacitat s'obté gràcies a la fórmula "N-pole" que correspon al màxim nombre d'usuaris que poden estar connectats a la BS, tenint en compte el soroll generat per ells que es rep a la BS.
- Ja que el soroll generat pels usuaris depèn de la seva posició dins de la cel·la, la *N-pole* correspon també a una cel·la de radi 0. Això significa que per aconseguir un E_b/N_0 blanc, tota la potència dels MS s'utilitza contra la interferència generada pels altres mòbils.
- La dependència entre la capacitat i la cobertura es fixa gràcies a un paràmetre anomenat *uplink cell loading*, que representa un percentatge de la capacitat de la *N-pole*.
- El radi de la cel·la es determina com en GSM, calculant les màximes pèrdues de camí permeses en el UL incloent el marge d'interferència en UL degut a la càrrega de tràfic.

1.1.2.2. Càlculs

La BS rep simultàniament les senyals desitjades S_i de tots els usuaris de la cel·la i les senyals no desitjades S'_i provinents dels usuaris de cel·les veïnes.

Per a l'usuari_i, les màximes pèrdues de camí permeses es calculen amb la següent fórmula :

$$UL_{\max pathloss} = P_e - BSSensitivity_i - linkLosses - ULInterferenceMargin$$

On:

- P_e és la potència de sortida del UE.
- $BSSensitivity_i$ és la sensibilitat del servei utilitzat per l'usuari_i.
- $linkLosses$ correspon a totes les pèrdues que s'afegeixen en el transcurs de la transmissió-recepció.
- $ULInterferenceMargin$ té en consideració el soroll generat pels usuaris de la mateixa cel·la i en les veïnes per a un valor determinat de *UL cell load*.

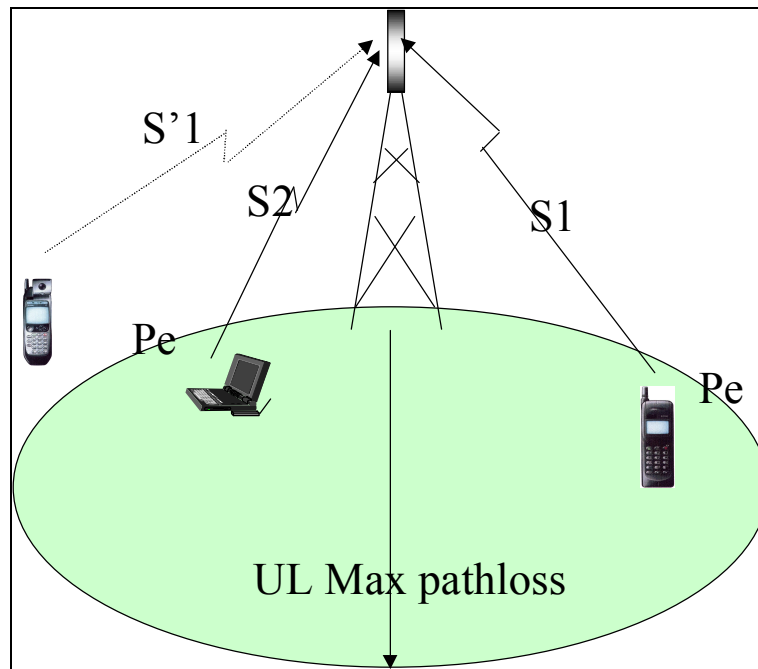


Figura 1.1 Uplink vision – UL max pathloss

1.1.3. Cas downlink

1.1.3.1. Principis

Com ja hem dit anteriorment, en CDMA el uplink i el downlink estan correlats amb la capacitat.

A partir del link budget en el cas uplink, podem deduir les pèrdues de camí del downlink. Aquestes corresponen a l'atenuació mitja que s'experimenta en el downlink quan en el disseny assumim un tamany determinat de cel·la definit pel link budget del uplink.

Referent al downlink, l'eina del link budget fa que calculem les pèrdues de camí per cada ambient i per cada servei. No existeix link budget en el cas del downlink ja que la potència downlink assignada a l'usuari depèn clarament de la localització dels usuaris a la cel·la, de la interferència generada per les demes cel·les i del tràfic generat. Clarament, l'anàlisi del downlink no es pot realitzar en l'etapa actual de l'avaluació del tamany de la cel·la. Ha de ser realitzat en les últimes fases del dimensionament.

L'enllaç downlink es defineix de la següent forma:

- La capacitat en el downlink és molt difícil de modelar. Com en el uplink, existeix una noció de la capacitat teòrica màxima, anomenada capacitat asimptòtica (no es la mateixa que la capacitat N-pole), que correspon al màxim nombre d'usuaris als que se'ls pot donar servei en una cel·la d'un tamany determinat donat per les pèrdues de camí màximes permeses

en el uplink i assumint que la BS pot oferir potència infinita a tots els usuaris.

- Per a aquesta capacitat asimptòtica, la potència assignada a cada usuari s'utilitza principalment per lluitar en contra de la interferència downlink provocada per la presència d'altres usuaris al sistema.
- Igual que a l'enllaç uplink, podem definir el paràmetre *downlink cell loading*. Aquest paràmetre es relaciona amb la part d'interferència que es considera per avaluar la potència per usuari en el downlink i per tant, també es relaciona amb la capacitat d'una cel·la, sent el resultat de la capacitat asimptòtica multiplicada per el *downlink cell loading*.
- Com a informació, una part de la potència de sortida de la BS per usuari es determinada incloent un marge d'interferència downlink degut a la càrrega del tràfic i un augment de guany degut al control de potència. Per realitzar aquest càlcul es considera una càrrega de la cel·la del 50%. Realment, la càrrega en el downlink s'ha de recalculer coneixent els serveis en us i el tamany de la cel·la. Això es realitza en el procés de dimensionat.

1.1.3.2. Càlculs

L'usuari_i a una distància r_i de la BS rep simultàniament la senyal desitjada S_i de la seva BS i senyals no desitjades S'_j provinents de BS veïnes.

Si els usuaris es distribueixen uniformement dins de la cel·la, la potència de la BS assignada per usuari es pot calcular com:

$$BSMeanPowerPerUser = ULMaxPathloss + UEnsitivitiy_i + LinkLosses + DLInterferenceMargin - PowerControlGain$$

On:

- $UEnsitivitiy_i$ és la sensibilitat del UE per al servei utilitzar per l'usuari_i
- $LinkLosses$ correspon a totes les pèrdues que s'afegeixen en el transcurs de la transmissió-recepció.
- $DLInterferenceMargin$ té en consideració el soroll generat pels usuaris de la mateixa cel·la i en les veïnes per a un valor determinat de *DL cell load*.
- $PowerControlGain$ és una quantitat de potència estalviada deguda a reduccions de potència, quan és possible.

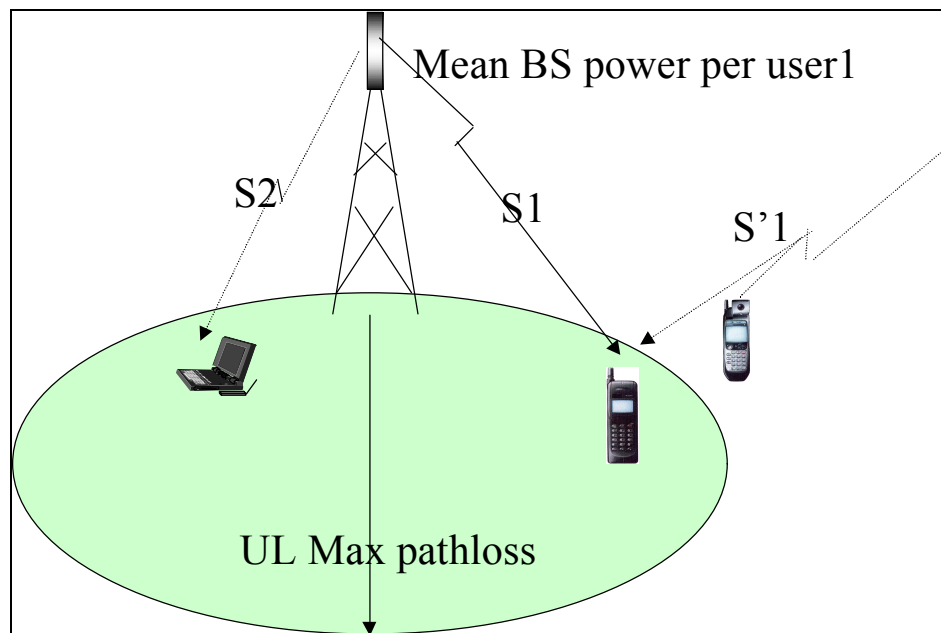


Figura 1.2 Down Link Vision – BS mean power per user

1.2. Ambients

Per al link budget, es defineixen 4 ambients típics:

- Rural: Per a vehicles típicament a 120 km/h en àrees rurals (autopistes i camins).
- Suburbà: Per aplicacions peatonals en àrees residencials o poc urbanitzades.
- Urbà: Per aplicacions peatonals en ciutats.
- Urbà dens: Per aplicacions peatonals en els centres de ciutat.

La diferenciació del link budget entre els diferents ambients té dos raons principals:

- Les característiques de propagació varien d'un ambient a un altre, i per això el model de propagació és diferent.
- El funcionament de la BS i els MS no són iguals en termes de sensibilitat d'un ambient a l'altre, i degut a això la capacitat de les cel·les varia.

2. Paràmetres comuns

2.1. Part general del link budget

2.1.1. *Banda de freqüència de Rx*

Valor: 1980 (MHz)

Aquest paràmetre correspon a la portadora situada en la part superior de la banda de recepció establerta per UMTS a Europa. El valor pot ser ajustat si l'operador té alguna portadora assignada.

2.1.2. *Banda de freqüència de Tx*

Valor: 2170 (MHz)

Aquest paràmetre correspon a la portadora situada en la part superior de la banda de transmissió establerta per UMTS a Europa. El valor pot ser ajustat si l'operador té alguna portadora assignada.

2.1.3. *Spreading bandwidth*

Valor: 3840 (kHz)

Aquest paràmetre és el chip rate a W-CDMA. Representa un ample de banda de portadora de 5 MHz.

2.1.4. *Soroll tèrmic*

Valor: -108.2 (dBm)

Representa la potència que disminueix degut al soroll tèrmic en la portadora de W-CDMA. El valor típic de temperatura utilitzat és 290°K.

2.2. Característiques uplink

2.2.1. *Potència de transmissió del UE*

Valor: 21 (dBm)

Aquest paràmetre és la potència típica de sortida del MS. Realment, encara que existeixen moltes classes de MS, la figura anterior es recomanable pels ambients macro-cel·lulars.

2.2.2. *Guany d'antena de la BS*

Valor: 18 (dBi)

És vàlid per a antenes de transmissió i de recepció. El valor correspon a l'ús d'una antena tradicional de 65°.

2.2.3. Guany d'antena del UE

Valor: 0 (dBi)

És vàlid per a antenes de transmissió i de recepció .

El valor pot variar d'un operador a un altre. En realitat un valor entre 0 i -2 dBi és el que em d'utilitzar aquí.

2.2.4. Figura de soroll de la BS

El valor típic és 2.5 (dB)

2.3. Característiques downlink

2.3.1. Figura de soroll del UE

Valor: 7 (dB)

És el valor típic de la figura de soroll.

2.4. Part capacitiva del link budget

La part capacitiva del link budget consisteix en calcular la capacitat teòrica en uplink oferta per la cel·la, basant-nos en la fórmula "N-pole".

$$N - pole = 1 + \frac{PG.FR}{V(E_b / N_0)G_{SHO}}$$

On:

- PG és el guany de processat.
- FR és la eficiència en el reús de freqüències.
- V és el factor d'activitat de veu.
- E_b/N_0 representa els requisits de funcionament en el uplink.
- G_{SHO} és el guany obtingut en el E_b/N_0 degut al quocient màxim en el uplink quan és dona el softer handover, el que provoca un impacte positiu en la capacitat.

En aquesta fórmula, tots els paràmetres depenen del servei o de l'ambient.

2.5. Marges del link budget

2.5.1. Marges en uplink que intervenen en el càlcul del tamany de cel·la

Els marges varien notablement en funció del servei i de l'ambient.

Existeixen quatre tipus:

- Handover gain: És un marge “negatiu” ja que permet augmentar el tamany de la cel·la. És un valor típic constant.
- Marge de penetració: És relatiu a l'aplicació interior, en cotxe, peatonal, en tren... És un valor constant que representa les pèrdues de potència degudes a la penetració de la senyal.
- Marge d'interferència: Ja que el tamany de cel·la ve determinat pel nivell d'interferència, s'han de considerar alguns marges.
- en el uplink, el factor *uplink cell loading* representa l'augment del nivell de soroll quan la cel·la està carregada. Aquest marge es té en consideració amb la següent fórmula:

$$Interferencemargin = 10 \log\left(\frac{1}{1 - UL_{cellload}}\right)$$

- Marge de qualitat de servei: Aquest marge permet garantir una determinada qualitat en el servei. Depèn de les variacions de factors no controlats de la propagació.

Observar el marge d'interferència uplink al punt 3.3.7.

2.5.2. Marges en el downlink

Els marges considerats aquí no provoquen cap impacte en el càlcul del tamany de la cel·la. S'utilitzen posteriorment en el procés de dimensionat quan s'avalua la capacitat de l'enllaç downlink.

- Guany de control de potència: És un marge que representa el guany en la potència de sortida de la BS per usuari provocada pel control de potència en el downlink.
- En el downlink, el factor de càrrega de tràfic representa el marge de la potència necessària en el downlink però a realitzar l'enllaç amb el sistema.
- Marge de no ortogonalitat: Els codis OVSF en el downlink perden l'ortogonalitat degut al multicamí. Per tant, les interferències intra cel·lars s'han de considerar.

2.6. Dimensionat de la cèl·lula

Aquesta part del link budget converteix les màximes pèrdues de camí permeses en un tamany de cel·la i àrea, aplicant un model de propagació.

El model utilitzat és el COST 231 Hata. El seu rang de validació és limitat, però en promig, si no hi ha una base de dades o informació precisa disponible, aquest model proporciona els millors resultats.

3. Paràmetres servei a servei

Encara que l'estructura genèrica dels balanços de cada servei no varien hi ha la necessitat d'adaptar-ho a cadascun dels serveis. Per suposat, aquest concepte no existeix en el cas del link budget de GSM ja que es dona per defecte pel servei de conversa.

3.1. Part general del link budget

3.1.1. Pèrdues de cables i connectors de la BS en Rx

Valor: Veure taula a sota (dB)

Aquestes pèrdues corresponen a les pèrdues totals existents entre la BS (in/out) i el port de l'antena.

Depenen principalment de dos característiques:

- La qualitat de l'alimentador.
- L'alçada de l'antena.

Ja que les característiques de l'alimentador sovint no són conegudes mentre es realitza el link budget, podem recomanar seguir les característiques típiques següents:

Alçada de l'antena (m)	$40 \geq h > 35$	$35 \geq h > 25$	$25 \leq h$
Pèrdues de cable / connectors	4	3	2

3.1.2. E_b/N_0 de la BS en Rx

3.1.2.1. QoS

A l'hora de definir el valor de E_b/N_0 utilitzat en el link budget, s'ha d'especificar la qualitat del servei en termes de BLER o BER. Desafortunadament això no es defineix tan clarament als estàndards. Algunes classes de servei es poden definir amb una QoS determinada.

Service	QoS
Speech	$RBER = 10^{-3}$
Circuit switched	$BER = 10^{-4} \text{ to } 10^{-6}$
Packet data	$BLER = 10^{-1}$

El valor de QoS depèn actualment del servei final d'usuari:

- Vídeo necessitarà una Ver com a mínim de 10^{-4} .
- La transferència de dades amb commutació de circuits ha de correspondre a una BER de 10^{-6} .
- La QoS de paquets de dades es relaciona més amb el valor throughput (volum d'info en un període de temps donat) de l'usuari.

3.1.2.2. BER

BER (figura 3.1) es conserva com el millor criteri de qualitat per a serveis de transferència de dades amb commutació de circuits.

El BER és la tasa d'error de bits calculada amb els bons blocs de transport (CRC correcte) i amb els incorrectes (CRC incorrecte).

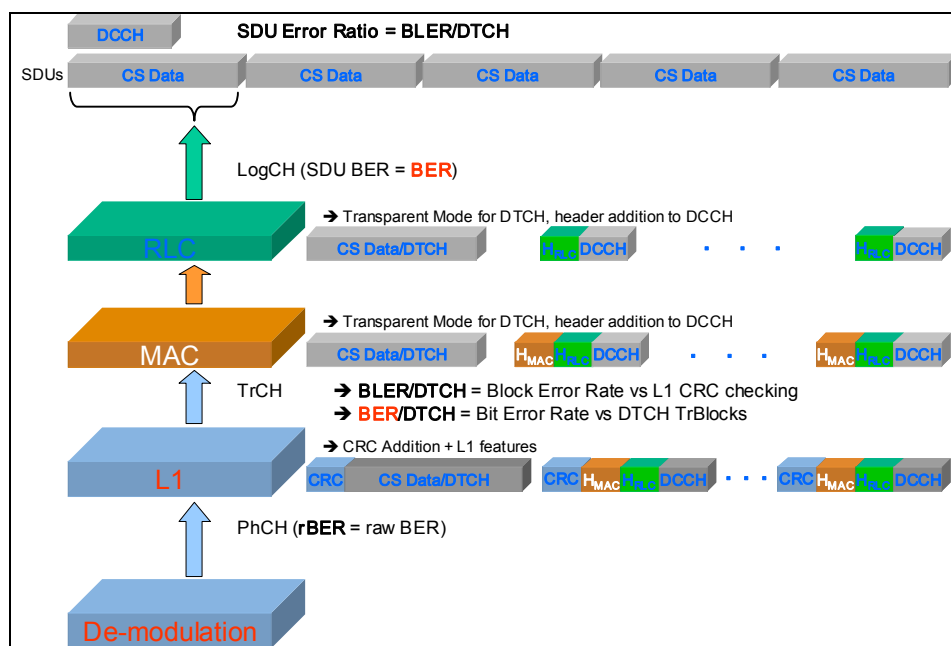


Figura 3.1 Bit error rate for circuit switch data services

3.1.2.3. BLER

BLER (figura 3.2) es conserva com el millor criteri de qualitat per a serveis de transferència de dades amb commutació de paquets.

BLER és la tasa d'error de bloc determinada al nivell del bloc de transport entre L1 i MAC assumint que cap MAC/RLC comprova retransmissions.

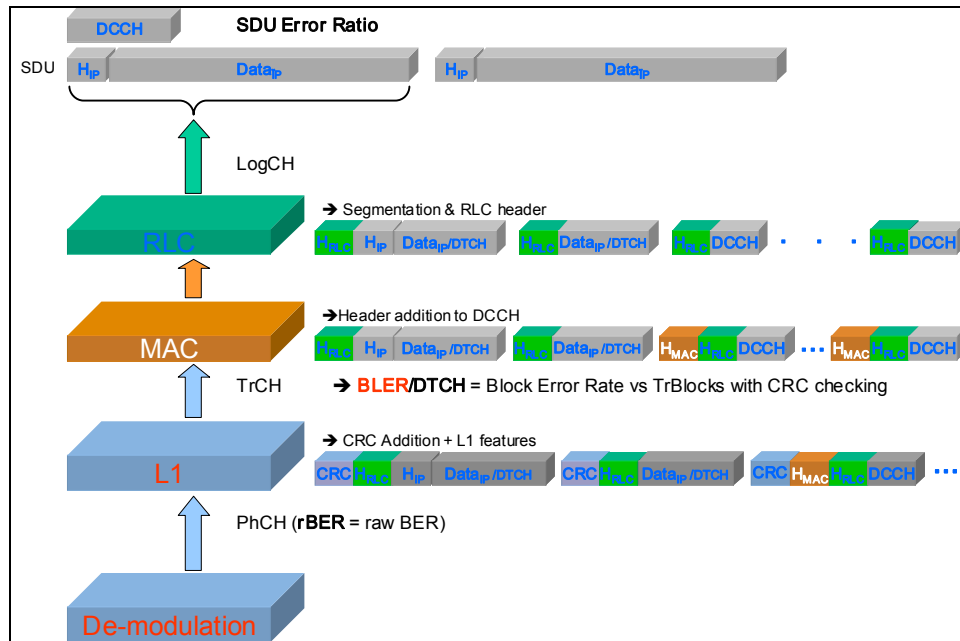


Figura 3.2 Block error rate for packet switch data services

3.1.2.4. Càlcul de E_b/N_0

El valor de E_b/N_0 correspon a l'energia rebuda per bit d'usuari per al servei considerat, tenint en compte bits de redundància, els bits DCCH i els de DPCCH.

Aquest valor està unit a la energia del chip amb la següent fórmula:

$$\frac{E_b}{N_0} (dB) = \frac{E_c}{N_0} (dB) + PG (dB)$$

On PG és el guany de processat expressat com:

- $PG = 10 \cdot \log(D_c/D_u)$
- D_c = Chip Rate (3.84 Mcps) and
- D_u = User Data Rate

	Speech 12,2	CS 64	PS 64	PS 128	PS 384
Processing gain (dB)	25	17.8	17.8	14.8	10

3.2. Part capacitiva del link budget

3.2.1. Eficiència en el reús de freqüència

Valor: veure els comentaris

La eficiència en el reús de freqüència f representa la proporció de la interferència intra-cel·la del total de la interferència (intra i inter-cel·la) que es genera a la cel·la.

El valor f depèn de:

- Característiques de propagació: el coeficient de propagació i la desviació estàndard.
- El solapament entre cel·les.
- El nombre de sectors per site.

El solapament entre cel·les és més un problema d'optimització local. Ja que el link budget té una visió global i general de la xarxa, aquest paràmetre de sensibilitat es pot ignorar en aquest cas.

- Per a un site hexa-sectors, es recomana un valor de 0,5325.
- Per a un site amb tri-sectors, es recomana un valor de 0,6
- Per a un site bi-sector, es recomana un valor de 0,64.
- Per a un site omnidireccional, es recomana un valor de 0,71.

3.2.2. *Factor d'activitat*

Valor: veure comentaris a sota

- 50% for speech
- 100% for data

Aquest paràmetre s'utilitza per l'avaluació de la capacitat en l'enllaç uplink.

Nota: Aquest factor d'activitat no és igual que el factor d'activitat d'aplicació (porció de temps que l'aplicació realment transmet).

3.2.3. *UL cell loading factor*

Valor: veure comentaris.

Variable i està en funció dels requisits desitjats i de les expectatives de tràfic. Es necessari reajustar-lo en les últimes fases del dimensionament. Especialment, qual el tràfic és molt asimètric el sistema tendeix a limitar l'enllaç downlink i a dissenyar l'uplink amb una càrrega petita (30%) el que permet incrementar el tamany de la cel·la mentre no sobrepassen la capacitat uplink provisionada.

- 50% és el valor estàndard per defecte.
- 75% és el màxim per mantenir el sistema estable.

3.3. Marges del link budget

Els marges apareixen en un sentit ampli: alguns tenen efectes positius (els guanys), altres tenen efectes negatius.

3.3.1. *Guany de control de potència*

Valor: 5 dB

Les simulacions han demostrat que amb control de potència, mentre que el 10% dels usuaris utilitzin la potència màxima (la dissenyada per cobertura + marge d'interferència) el 50% utilitza menys d'un quart de la seva potència màxima.

En promig, això correspon a un guany de 5 dB.

3.3.2. *Cell area reliability*

Valor: veure comentaris.

Normalment especificat pels clients: típicament entre 85% i 95%.

3.3.3. *Desviació estàndard de potència en Tx*

Aquest paràmetre considera la variació de la potència necessària als límits de la cel·la per a compensar el fast fading (esvaïments ràpids).

El tamany de la cel·la s'ha de calcular tenint en compte aquesta potència que es necessita de més.

Típicament un marge especificat per una desviació estàndard σ_{power} ha de ser inclòs al link budget.

Aquest marge depèn de la velocitat del mòbil:

- Per a una velocitat superior a 50 km/h: $\sigma_{\text{power}} = 2$ dB.
- Per a moviments lents: $\sigma_{\text{power}} = 4$ dB.

3.3.4. *Desviació estàndard total*

Aquest paràmetre representa la desviació estàndard total que influencia en el link budget, que són:

- La desviació estàndard de potència en Tx que hem descrit anteriorment.
- La desviació estàndard de l'ambient seleccionat.

Els principis de la desviació estàndard de l'ambient seleccionat són similars a GSM. Han de representar:

- Propagació exterior (σ_{outdoor}).
- Penetració (σ_{pene}).
- Propagació interior (σ_{indoor}).

la desviació estàndard total σ_{total} està formada per totes les desviacions estàndards:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{power}}^2 + \sigma_{\text{outdoor}}^2 + \sigma_{\text{pene}}^2 + \sigma_{\text{indoor}}^2}$$

3.3.5. Factor de penetració en edificis i vehicles

Environment	Penetration loss	In-car loss
Suburban	10- 12 dB	5 – 7 dB
Urban	12 – 15 dB	5 – 7 dB
Dense urban	15 - 20 dB	

3.3.6. Body loss

Valor: 3 dB per speech service

Valor: 1 dB per data service

Per speech, l'aparell s'assumeix sostingut per la mà i proper al cap.

Per dades, l'aparell s'assumeix a sobre una taula.

3.3.7. Marge d'interferència UL

Valor:

$$10 \log\left(\frac{1}{1 - UL_{\text{cellLoading}}}\right)$$

ULcellLoading és el cell loading factor uplink (3.2.3).

3.4. Dimensionament de la cel·la

3.4.1. Alçada de l'antena al site

Environment	Height
Rural	40 m
Suburban - Urban	30 m
Dense urban	20-25 m

3.4.2. Model de propagació

La fórmula del model Hata és la mateixa que la que s'utilitza en el link budget de GSM. Encara que només és vàlid per a freqüències inferiors a 2 GHz, les mesures han demostrat que també es pot utilitzar en UMTS per a ambients rurals i suburbans.

Els paràmetres utilitzats pel model són la freqüència, l'alçada de la BS i el factor de correcció de l'ambient seleccionat.

$$PathLoss(dB) = 46,3 + 33,9 \times \log(f) - 13,82 \times \log(H) + (44,9 - 6,55 \times \log(H)) \times \log(d) + C$$

Freqüència

Valor: veure 2.1.1.

Alçada de l'antena

Valor: veure 3.4.1.

Factor de correcció de l'ambient seleccionat

Aquest paràmetre correspon en GSM al anomenat factor de correcció de l'ambient seleccionat. El mateix aplicarem per UMTS.

Típicament:

- 22 dB per ambient rural.
- 12 dB per ambient suburbà.
- 3 dB per ambient urbà.
- 0 dB per ambient urbà dens.

El model Hata perd exactitud quan es tracta de prediccions en cel·les petites: típicament per sota dels 600m, que normalment es donen en ambients urbans i urbans densos. Per aquest motiu, s'han restat 3 dB al factor de correcció per tal d'equilibrar el model.

ANNEX III

En aquest annex disposem d'un petit manual d'usuari del programa ICS Telecom tant per GSM com per UMTS.

1. Network Design and Analysis for TETRA and GSM

In this chapter, you will learn:

- Working out what the network has to do and converting the requirement into a form that assists the planning process (Expressing and capturing the requirement).
- Planning, dimensioning and working out whether the proposed network meets coverage requirements (Network planning and analysis).
- Working out how much and where the traffic capacity is required in the network (Capacity planning and bearer planning).
- Assigning channels to minimise interference and maximise spectral efficiency (Frequency assignment and interference analysis).
- Managing the mobile aspects.
- Optimising the network Create and Manage a subscribers network.

1.1. Capturing and expressing the requirements

Before launching into the design of a new network, it is vital to establish exactly what it is that the system has to do. The more closely and accurately this can be specified, the easier it is to determine whether the requirements have been met in the final system and to plan the system all along. The only problem is that specifying the required performance is not an easy process.

This section has been included here not to help specify the requirements - that is a detailed activity that can only be achieved by the planner - but to make some points about the way in which the requirements can aid the planning of a network using ICS Telecom.

The requirements can be split into a number of parameters which can be expressed in different ways. These are :

- the geographical area to be covered.
- the percentage of the geographical area which must be covered.
- the % locations and % time to be covered in each service area (due to location variability and fading).
- the call success probability.

1.1.1. Coverage requirements

When a network user is asked to describe coverage requirements, the answer is likely to be along the lines of “I must be able to set up a link from anywhere I might be”. This is not suitable for network planning. To be able to compare results in ICS Telecom with the requirements, the requirements should be expressed in the following manner:

- 1) Identify the coverage areas required as accurately as possible - i.e. not just “the city centre”, but a polygon describing the actual area as closely as possible. Use multiple polygons for different areas.
- 2) Identify probability of obtaining a link as closely as possible. Either 90% probability of obtaining a link from a single call for 90% of locations for 90% of the time for example. **100% is never possible.**
- 3) Since it is likely that not all requirements will be met, prioritise them.

Note: Coverage requirements actually include more than raw coverage; it really means the usable coverage, after considering the effects of low signal strength, interference from other transmissions, local noise etc...

1.1.1.1. Geographical area to be covered

There are several methods to define in ICS TELECOM the area to be covered.



You can use the **polygon tool** to define these areas.

After having clicked the right mouse button, it is possible to combine individual masks by selecting add mask, or to save an individual mask by selecting save mask. This is a useful feature which allows the polygon to be re-used many times.

Then the following floating menu appears:

de-activate stations
activate stations
isolate stations
delete stations
move stations
rotate station antenna...
assign last polygon to...
search site...
select DF...
Localization accuracy map...
assign subscribers to...
isolate subscribers
isolate orphan subscribers
mask subscribers
subscribers counter
generate subscribers...
search site from subscribers...
vector info...
add polyline to vector file (line)...
add polyline to vector file (path)...
add polygon to vector file...
change clutter code...
modify clutter code...
change dtm / indoor code...
modify dtm / indoor code...
change building...
modify building...
change result code...
clutter info
isolate result
delete result
percentage covered
population covered
surface and population covered
station database...
mw database...
Popup menu setup...

Inside each polygon, it is possible to work in terms of clutter, in terms of individual subscribers or in terms of polygons.

1.1.1.1.1. Per clutter

To work in terms of clutter, the area to be covered is identified by its clutter code.

To do so, the following functions can be used :

- **change clutter code...**, which allows a number of 0 - 20 to be entered for the area inside a polygon. This function has to be used if the whole polygon has to be covered.
- **modify clutter code...**, which allows to modify a given clutter value to another one. This function has to be used if only a given clutter inside the polygon has to be covered.

Note : in that case, you should check carefully that the propagation parameters (clutter height, diffraction factor, attenuation, etc.) are the same for the new clutter as for the former one.

1.1.1.1.2. Per subscriber

To work in terms of individual subscribers, the area to be covered is represented by a discrete number of subscribers (for more details, see the Subscribers document).

To do so, the following functions can be used :

- **generate subscribers**, which generate subscribers inside the polygon, optionally only on a given clutter (see 1.1.2.2 for the details of the procedure).
- **add polyline to vector file (line)...** This function assumes that a vector file has been set up and allows the polygon to be permanently displayed. Afterwards, subscribers can be generated along this line with the function Subscribers/Generate subscribers along vector line....
- You can also use an existing database of “true” subscribers.

1.1.1.1.3. Per polygon

To work in terms of polygon, it is assumed that a vector file has been set up. The area to be covered is represented by a polygon, permanently displayed.

To do so, the following functions can be used :

- **add polygon to vector file...** This function assumes that a vector file has been set up and allows the polygon to be permanently displayed. Afterwards, subscribers can be generated along this line with the function Subscribers/Generate subscribers along vector line....

1.1.1.2. Percentage to be covered

It is not normally suitable to express the requirement as 100% coverage of an area, such as the one shown above. It is normally necessary to express how much of the area inside the polygon is to be covered to a given reliability - for example 90% or 99%.

In clutter mode or in polygon mode, this percentage will be a ratio of covered surface over total surface.

In individual subscribers mode, this percentage will be a ratio of number of covered subscribers over total number of subscribers.

1.1.1.3. % locations and % time to be covered in each service area

This is set by applying appropriate margins to the minimum field strength values for coverage displays, to take fading and location variability into account.

1.1.2. Traffic requirements

Expressing capacity requirements is a key issue for TETRA and GSM , and it is by no means a trivial issue. It is not possible to cover this subject in any depth in this course, but plenty of information can be obtained from ETSI document ETR 300-2 the TETRA Designer's Guide. An example scenario for an emergency services system is included in section A.2.4 Scenario No. 8, starting on page 169 of the full manual. There are specialist TETRA traffic simulation tools available, which examine call set up time and blocking probability, but ICS Telecom cannot be used to examine these characteristics. It can be used however, to determine the overall traffic capacity requirements. For this to be possible it is necessary to be able to specify for each part of the network (down to individual base stations) :

- Local traffic requirements - i.e. between mobile and base station.
- Regional traffic requirements - e.g. from mobile (1) - base station (1) - base station (2) - mobile (2), preferably between each base station in the network.

The aim is to determine as far as possible where traffic is needed in the network.

An example would be :

Type of call	Network requirements	Traffic per user (E)
M - F individual voice call	Intra-site	0.010
M - Dispatcher voice call	Inter-site - division	0.020
M - Group #1 voice call	Intra-site	0.015
M - Group #2 voice call	Inter-site - regional	0.010
M - M intra-site voice call	Intra-site	0.030
M - M divisional call	Inter-site - division	0.010
M - M regional call	Inter-site regional	0.001

Example traffic demand

The more closely traffic demand matches the infrastructure of the eventual network (in virtual rather than physical terms), the easier it will be to understand the traffic requirements of the network.

Traffic loading can be derived for different configurations of the network, and expressed whether in terms of traffic areas or in terms of individual random subscribers. This is in practice a complex subject, but the methods of expressing the requirement can be fairly straightforward.

1.1.2.1. Per clutter

For example, consider the following situation :

- 1) Division x covers an area of 25 km². It has a density of users 5 per km², made up of 50% mobile and 50% portable. There are therefore 125 users in the area.
- 2) A mobile user generates in the uplink direction 0.012E of traffic and a portable user generates 0.010E of traffic (figures used for illustration only). The traffic density is therefore $5 \times 0.5 \times 0.012 + 5 \times 0.5 \times 0.010 = 0.055E$ per km².

If the situation is more complex, we can use different density values for different clutter categories.

The clutter categories can be accessed by the menu Tools/Clutter options...

Traffic density can be expressed for each type of environment (up to a maximum of 20 categories).

For example, consider the following figures :

- Urban areas (8m) : 0.075 E/km²
- Suburban : 0.045 E/km²

- Rural : 0.025 E/km²

These values can be entered in the clutter box:

Clutter code	Clutter name	Attenuation (dB)	Clutter height	Reflection factor (0-1)	Erlang/km ² (1)	Surface factor (2)	Diffraction factor	Station/km ² (3)	Stddev (dB) (4)
0	rural	0	0	0.300	0.025	1.000	0.03	1.000	1.00
1	suburban	0	6	0.300	0.045	1.000	0.05	1.000	1.00
2	urban 8 m	0	8	0.300	0.075	1.000	0.08	1.000	1.00


The box marked Erlang/km² is used.

This allows total traffic in each area served by the best server to be calculated so that the channel requirements can be assessed.

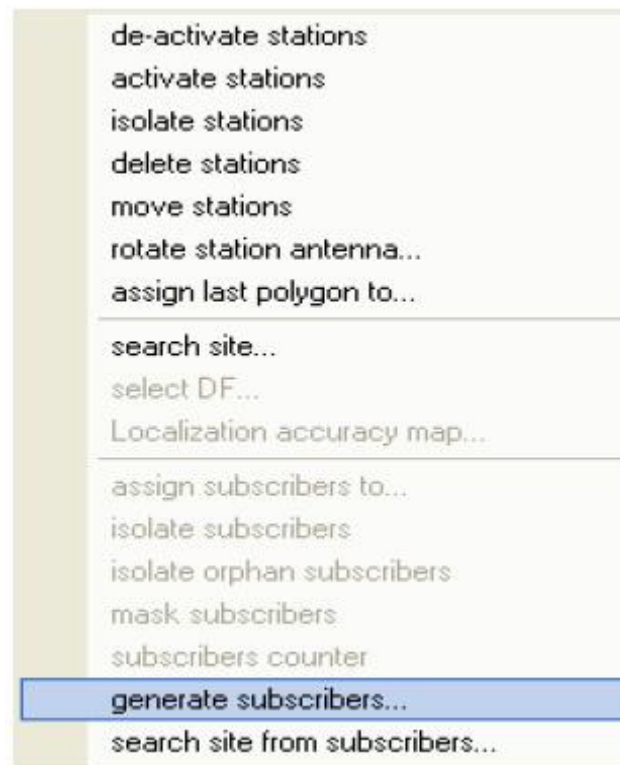
In practice, this will have to be done many times with different values in order to determine how the network will function.

1.1.2.2. Per subscriber

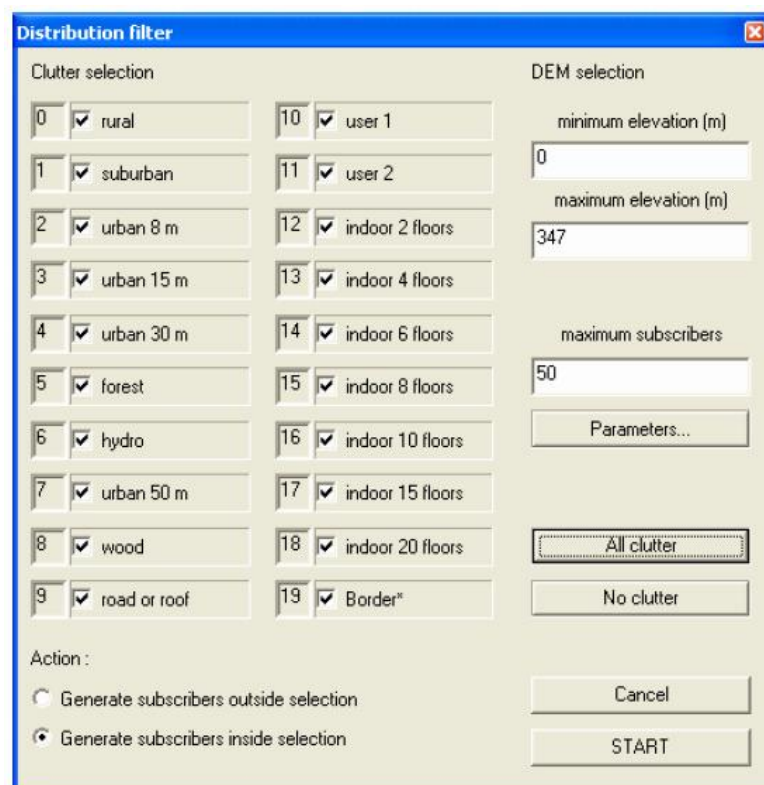
- 1) Create or select a **Subscriber database**.

- 2) Use the **polygon tool**  to define areas on whose random subscribers will be created. Those areas are corresponding to the areas to be covered.

- 3) Then in the pop-up menu, select **generate subscribers** :



4) The following window appears :

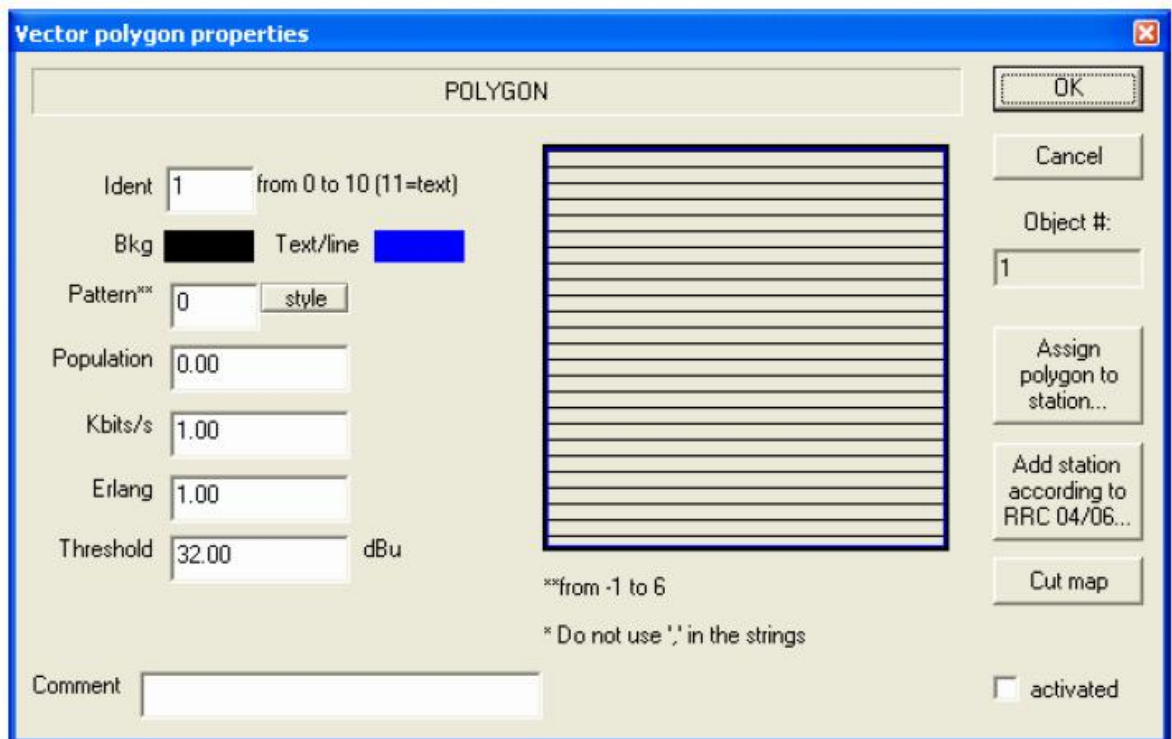


- 5) Set the **clutter** filter and the **elevation range** to consider.
- 6) Select **Generate subscriber inside/outside selection**.
- 7) Choose the **number** of subscribers to create.

- 8) Set in the subscriber parameters box the **traffic** (Erlang).
- 9) Then click on **Start**

1.1.2.3. Per polygon

- 1) Create a vector file if necessary (Map/Vector map/New vector file...)
- 2) Use the **polygon tool**
- 3) Select Add polygon to vector file...
- 4) Select the traffic of the polygon in the displayed window



1.2. Network planning and analysis

After having expressed the requirement, the normal next step is to perform some kind of initial analysis to gain an understanding of the scale and scope of the design process.

In GSM and TETRA this encompasses both coverage analysis and traffic analysis and the relationship between the two. The relationship is formed by the impact of coverage to subscribers: too large a coverage area by too few stations will result in poor traffic performance; the converse will probably result in poor area coverage and an over-engineered solution for those areas with coverage.

1.2.1. Coverage

1.2.1.1. Preliminary planning

For more details about the principles of network planning, see the *General* document.

Different methods are available:

- Import existing sites.
- Search the best sites following the areas and the clutters to be covered.
- Search the best sites following the subscribers to be covered...

1.2.1.2. Coverage calculation

The following is a typical approach:

- 1) Set the base stations parameters.
- 2) Set the simulation parameters, using either the ETSI TETRA or GSM specifications or equipment values where appropriate :
 - **Propagation model** : An example could be :

Propagation models

Models

- ☐ Fresnel method+
- ☐ Woinar method
- ☐ Wien method...
- ☐ ITU-R 370...
- ☒ ITU-R 525
- ☐ ITU-R 525/526
- ☐ ITU-R 1225
- ☐ ITU-R 1546...
- ☐ ITU-R 368...
- ☐ ITU-R 533...
- ☐ ITU-R 1147...
- ☐ Medium frequency***
- ☐ Okumura - Hata
- ☐ Hata - Cost 231
- ☐ Cost 231 open...
- ☐ c o d e
- ☐ rural c:0,5,6,8>11
- ☐ sub c:1,9,10,11
- ☐ urban c:2,3,4,7
- ☐ User model (dll)
- ☐ Usermod.dll

Troposcattering

- ☐ Tropo ITU-R 617
- ☐ equatorial 50%
- ☐ subtropical 90%
- ☐ subtropical sea 50%
- ☐ desert 50%
- ☐ temperate 90%
- ☐ temperate sea 90%
- ☒ continental 90%

Diffraction geometry

- ☐ Bullington method
- ☒ Deygout 94 method
- ☐ ITU-R 526, round mask
- ☐ ITU-R 526, cylinders
- ☐ ITU-R 526, deygout
- ☐ ITU-R 1225
- ☐ Visibility / Indoor
- ☐ No diffraction loss
- ☐ ITU-R 452 * (0=rand)
- Time (0 to 50%)

Subpath attenuations

- ☐ Standard (1)
- ☒ Coarse integration (2)
- ☐ Fine integration (3)
- ☐ Area (4)
- ☐ ITU-R 526
- ☐ Free ellipsoid (5)
- ☐ No subpath loss (6)

FZ fraction

☐ Spherical wave

Anomalous propagation

☐ Ducting

Climate

Earth radius km (land)

Earth radius km (sea)

☐ ITU-R 676 gaz ☐ ITU-R 840 fog

Vapour Water g/m3

hPa T* C*

☐ Rain att. ITU-R 838/530(!)

☐ Rain att. Crane global

Rain rate (mm/h)(!!)

Time (0.001 to 1) %

Slope model coefficient (A+E+B)

A factor B (dB)

Attenuation (dB/km)

Reflections

Reflectance (if no clutter)

☐ 3D coverage only

Reflection dist. limit (m)

Altitude filter > (m)

☐ Ground reflections (minima/maxima)

☐ Ground reflections (mn/mx flat earth)

☐ Ground reflections (reflection point)

ERP/EIRP

- ☐ 1/2 wave antenna
- ☒ isotropic antenna
- ☐ short vertical ant.

Options

Rx gain (dBi)

impedance ☐ 75 ☒ 50

Offset (dB)

Field strength=E-offset

☐ Use Tx/Rx effective heights

☒ Flat earth profile sent to DLL

+ Rx: 50 or 75 ohms, dBd

(!) default for path reliability

(!!) Use 0.01% for ITU

(1) this option calculates the max h/r (h<0) and adds the weighted attenuation: $20 \cdot \log(75000 \cdot D / P_1 / h_1 / h_2 / F)$

(2) this option calculates the mean elevation (h) compared with the max r (h>0). Used for coverage only (fastest).

(3) this option calculates the max h/r (h>0)

(4) this option compares the overlapped area (H=sum of altitudes in ellipsoid) with the total area (R) to obtain H/R

(5) if the ellipsoid*FZ fraction is not free, then the calculation returns 0. Used for site searching.

(6) no attenuation calculated if the ellipsoid is not free. Used for site searching.

*** Empirical model: $F_0 = 80.2 - 10 \log(D) - 0.00176 \cdot \text{pow}(f, 0.26) \cdot D$ with f(KHz) and D(km) - 1KW ERP - F0(dBu)

Diurnal propagation assumed (-10 dB).

* only used for point to point interference calculation

- **Clutter options** : Choose suitable ground clutter degradation figures for each clutter type, using survey results if any (see below).

Clutter parameters		
Clutter code	Name	Atte
0	rural	0.0
1	suburban	0.0
2	urban 8 m	0.0
3	urban 15 m	0.0
4	urban 30 m	0.0
5	forest	0.0
6	hydro	0.0
7	urban 50 m	0.0
8	wood	0.0
9	road or roof	0.0
10	user 1	0.0
11	user 2	0.0
12 **	indoor 2 floors	0.0
13 **	indoor 4 floors	0.0
14 **	indoor 6 floors	0.0
15 **	indoor 8 floors	0.0
16 **	indoor 10 floors	0.0
17 **	indoor 15 floors	0.0
18 **	indoor 20 floors	0.0
19 *	Border*	0.0
CCIR attenuations		U
UEP attenuations		U
TSB-88 attenuations		U
dB/km attenuations		U
User attenuations		U
Model tuning		U
no attenuation		U

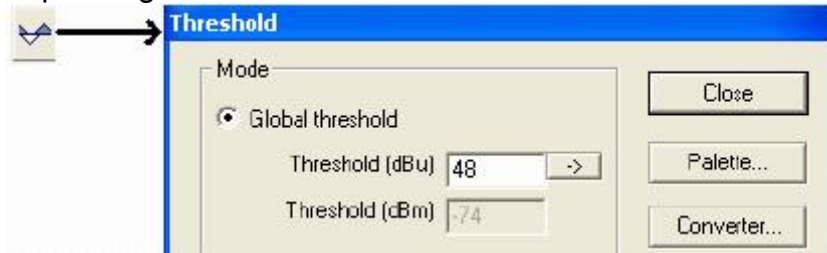
- **Maximum distance for calculation:** This distance must be greater than the cell radius to perform interference calculations

later. Use  ☒ Global distance: 5000.00 km... and set the distance

parameters ✖

Limit distance (km):

- **Receiver threshold** : Different threshold can be considered depending on the service. Use



and set the threshold to be considered, or set different thresholds for different stations inside the station parameters advanced tab



- 3) Perform coverage simulations for each type of service requirement in the specification.

1.2.1.3. Coverage analysis

1.2.1.3.1. Per clutter

- 1) Display the coverage in different ways: Composite, best server..., for a given threshold (see General document). The % locations and % time to be covered in each service area can be set by applying appropriate threshold values for coverage displays, to take fading and location variability into account. The palette file can also be used to do this using appropriate field strength values for coverage displays.
- 2) Determine the coverage area for each site or of the whole network.
- 3) Compare the overall performance with the requirements. The percentage of an area actually covered can be seen by :
 - Selecting the required **polygon** by following the process for entering a polygon, but loading the required polygon instead.
 - Selecting the **percentage covered** option from the floating menu, the following window appears :

Filter

clutter selection

0	<input checked="" type="checkbox"/> rural	10	<input checked="" type="checkbox"/> user 1
1	<input checked="" type="checkbox"/> suburban	11	<input checked="" type="checkbox"/> user 2
2	<input checked="" type="checkbox"/> urban 8 m	12	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 2 floors
3	<input checked="" type="checkbox"/> urban 15 m	13	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 4 floors
4	<input checked="" type="checkbox"/> urban 30 m	14	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 6 floors
5	<input checked="" type="checkbox"/> forest	15	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 8 floors
6	<input checked="" type="checkbox"/> hydro	16	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 10 floors
7	<input checked="" type="checkbox"/> urban 50 m	17	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 15 floors
8	<input checked="" type="checkbox"/> wood	18	<input checked="" type="checkbox"/> indoor 20 floors
9	<input checked="" type="checkbox"/> road or roof	19	<input checked="" type="checkbox"/> Border*

area covered (%) 0.0000

area covered (km²) 0.0000

total area (km²) 0.0000

DEM selection

minimum elevation (m) 23

maximum elevation (m) 236

filter selection

☐ Interference

minimum value 40.0000

maximum value 118.0000 meters

☐ Remove pixel if neighbours are different

range (pixel) 2

☐ Extd radius limit

☐ Sector limit

compute

Min/Max

OK

Cancel

All clutter

No clutter

Report

Report min/max

Station list...

- Setting appropriate clutter types, elevation range if needed and minimum and maximum field strength values to consider.
 - Clicking on Compute.
 - Reading the percentage covered display. This value can then be compared to the required percentage to see whether the criteria has been matched. The area covered (km²) value shows the area in square kilometres actually covered in the polygon for areas with the selected clutter codes, and the total area value is the total amount of area with the designated clutter within the polygon.
- 4) If there is a shortfall, try to identify ways of overcoming them by infill sites: to do so, you can use the **polygon tool** (see General document) or a **subscriber database** (see Subscriber document - **Propective planning**).
 - 5) Make an assessment of the likely number of base stations required. Note that at this stage we have not considered the impact of traffic effects.

1.2.1.3.2. Per subscriber

Go to Subscribers/Analysis/Subscribers covered...

1.2.1.3.3. Per polygon

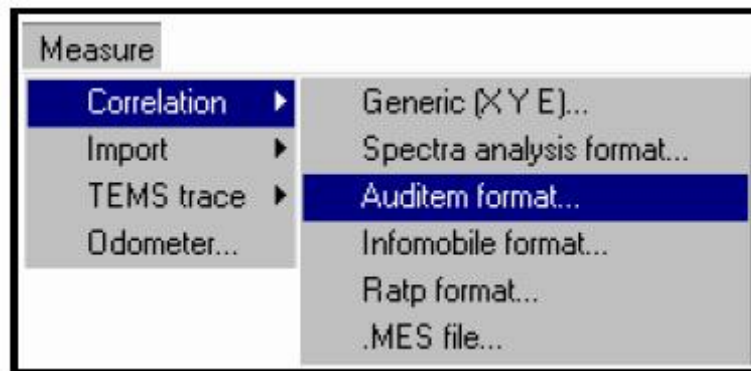
Go to Options/polygon covered...

1.2.1.4. Coverage optimization

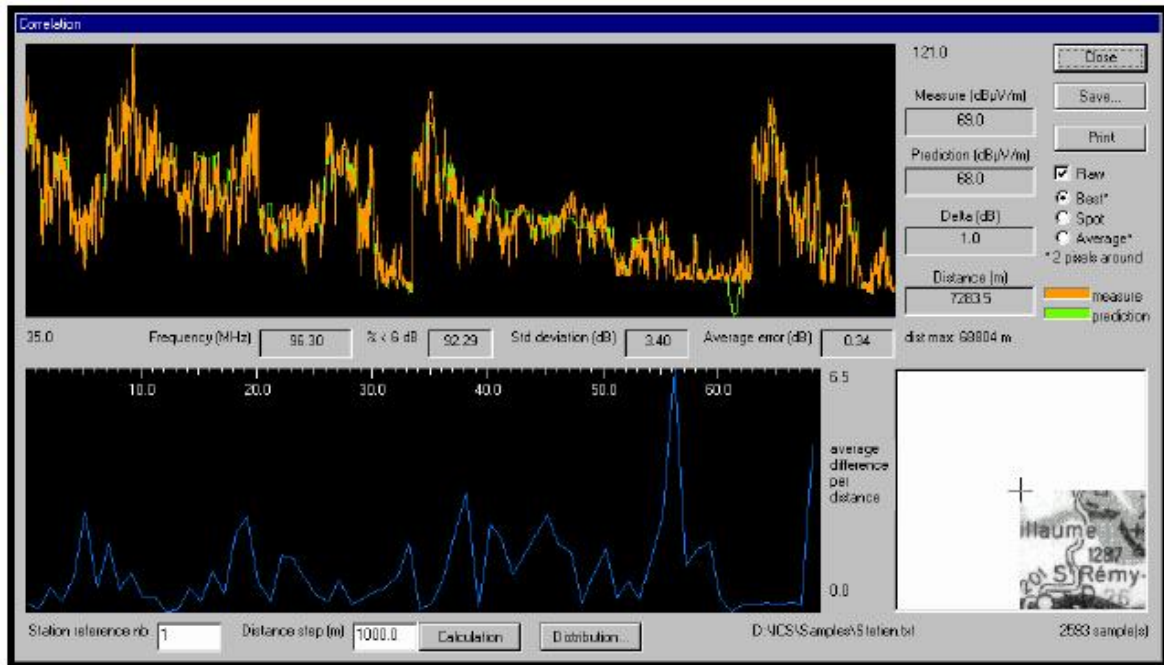
Detailed planning continues on from the preliminary network. It involves selecting and rejecting possible sites based on their suitability, configuring the parameters used in the simulations to more closely match realistic values and generally to improve the fidelity of the simulations.

1) Field strength measurement survey.

The purpose of a field strength survey is to optimise propagation algorithm settings and also to fine-tune clutter degradation factors. If a measurement receiver combined with a data logger is used and the GPS coordinate of each measurement taken, the data obtained can be imported as an ASCII file via the menu shown below.



The data can be imported and compared with the simulated values for each point.



The **list** button can be used to export the measured and simulated datas, together with the clutter code. This can be used in a package such as Excel to determine corrections to the default values normally used in ICS Telecom. Variations are due to differing environmental conditions, such as different architectural style, vegetation etc ...

2) Optimisation of simulation parameters in the light of survey results. Clutter code values can be improved by selecting the **Tools/Clutter options** menu.

In the clutter box, the option “**user attenuation**” must be selected.

The new values can be typed in against each clutter category.

After this, all predictions are recalculated to provide more accurate indications of how the eventual system will perform.

3) Optimisation of equipment parameters

The optimisation of equipment parameters is carried out on an incremental basis to match coverage requirements :

- Optimisation of antennas, including height above ground and antenna patterns (these modification imply to re-simulate the coverage).
- Optimisation of transmitted power (In polygon mode, go to Options/Polygon covered/Vector layer + Filter...).

1.2.2. Traffic

Having derived rough coverage predictions, these can be analysed with respect to traffic by specifying initial traffic density estimates and running the P delayed

calls, Erlang B (loss of calls systems) or C (time delay systems) traffic queuing function.

The formulas used in these different modes are detailed in the Radio propagation document.

1.2.2.1. Device assignment

To assign the number of lines following the expected traffic, the requirements are :

- The project must contain a clutter file.
- Erlang values have to be defined for each ground occupancy code.
- The network elements must be parameterised in terms of number of communication lines.
- Network coverage must be already performed.

The procedure to follow is :

- 1) Go to Coverage/Traffic analysis/Device assignment.
- 2) The following window is displayed :

Traffic - Tx channel requirement

Slot(s) per frequency: 1

Reserved slot(s): 0

GoS to achieve (%): 95.00

Max Tx cx per station: 1

☐ P delayed calls (1)

☒ Erlang B (2)

☐ Erlang C (3)

Call duration (s): 30.00

Delay objective (s): 20.00

Threshold dBμV/m: 1

Buttons: OK, Cancel, Clutter..., Stations...

Legend:
 (1) GOS=100 - Pdelayed
 (2) GOS=100 - loss probability
 (3) GOS=100 - Pdelayed > objective

This function will assign to the activated stations the number of lines (**Slot(s) per frequency**) and the required number of channels (**Max Tx cx per station**) according to a defined GOS = 100-**loss probability** and the Erlang formula chosen (**Erlang B or C**).

- 3) Check Threshold, Clutter options (traffic) and stations to consider.

4) Click on **OK**.

The table report displayed gives for each active transmitter the number of lines and traffic channels assigned, the loss probability, the traffic per coverage area (best server) and the corresponding surface.

BTS nb	Loss probability %	Traffic Erlang	Surface km²	Device
1	0.185	0.2418	9.96	3
2	0.0823	0.1809	8.46	3
3	0.0032	0.0591	3.34	3

On the terrain, a coverage in percentage of GOS is displayed on each point of the network coverage.

1.2.2.2. Traffic analysis

1.2.2.2.1. Per clutter

To perform this analysis, the requirements are:

- The project must contain a clutter file.
- Erlang values have to be defined for each ground occupancy code.
- The network elements must be parametered in terms of number of communication lines.
- Network coverage must be already performed

The procedure to follow is the following:

- 1) Go to Coverage/Traffic analysis/Grade of service (Clutter layer).
- 2) This function is the same as the previous one, but the assignment is taken from the station parameters.

1.2.2.2.2. Per subscriber

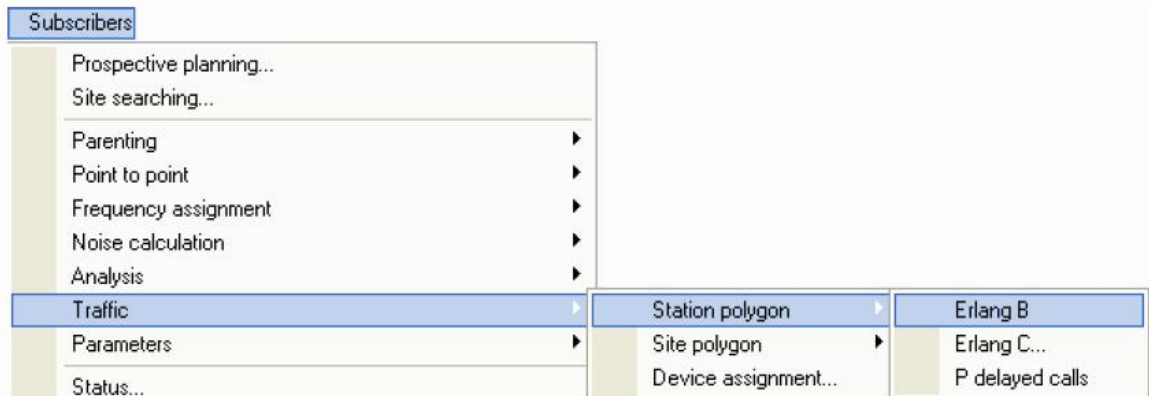
Different functions can be used to analyse traffic defined by random subscribers. The requirements are :

- The network elements must be parametered in terms of number of communication lines.
- Polygons have to be drawn and assigned to each base station. Use the **polygon tool**, **assign last polygon to ...** and define the **station number**.

- The subscriber database to use must be selected and selected subscribers must be displayed on the terrain.
- Network coverage already performed.

1.2.2.2.2.1. Traffic per station

- 1) Go to Subscribers/Traffic (polygon)/Traffic per station:



This function performs traffic calculation per transmitter, according to the assigned polygons.

- 2) The results indicate if the subscribers present inside polygons are covered by the transmitters and the loss probability according to Erlang B or C formula.

1.2.2.2.2.2. Traffic per site

- 1) Go to Subscribers/Traffic/site polygon.
- 2) This function differs from the previous one as it takes into account the base stations located at the same site. So, the number of communication lines as well as the demand are referring to the group of stations located at the same site.

1.2.2.2.3. Per polygon

Go to Coverage/Traffic/Grade of service...

1.2.2.2.4. Overall network capacity calculation

To determine the overall network capacity in terms of subscribers/overall network the requirements are:

- The project must contain a clutter file.
- Need to generate subscribers with wished parameters like Erlang values.

- The network elements must be parametered in terms of number of communication lines/station (go to objects change technical parameters to batch update the slots per channel and reserved slots for all the stations).

change NFD ident (0=no change):	0
change slot per channel (-1=no change):	-1
change reserved slot (-1=no change):	-1
change bit rate (Kbit/s) (-1=no change):	-1

- Network coverage must be already performed.

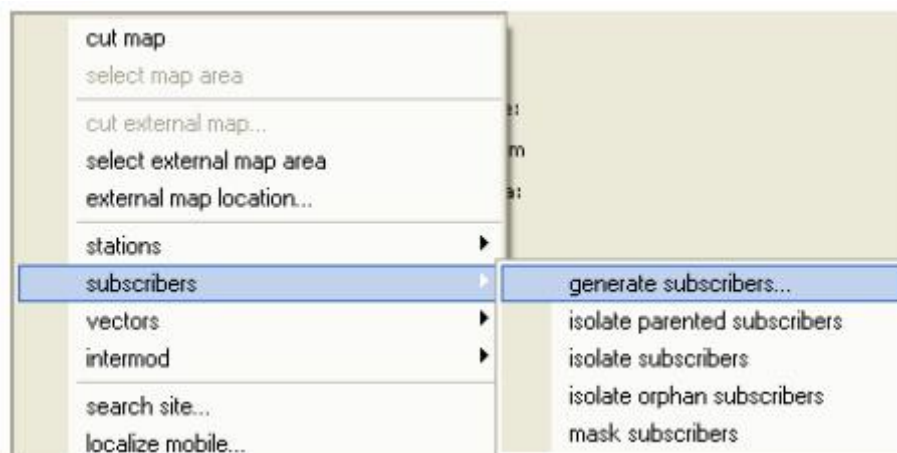
The procedure to follow is the following:

- 1) Go to base→DB subscriber to create a new subscribers database.
- 2) Select the area covered by the network using the polygon tool or

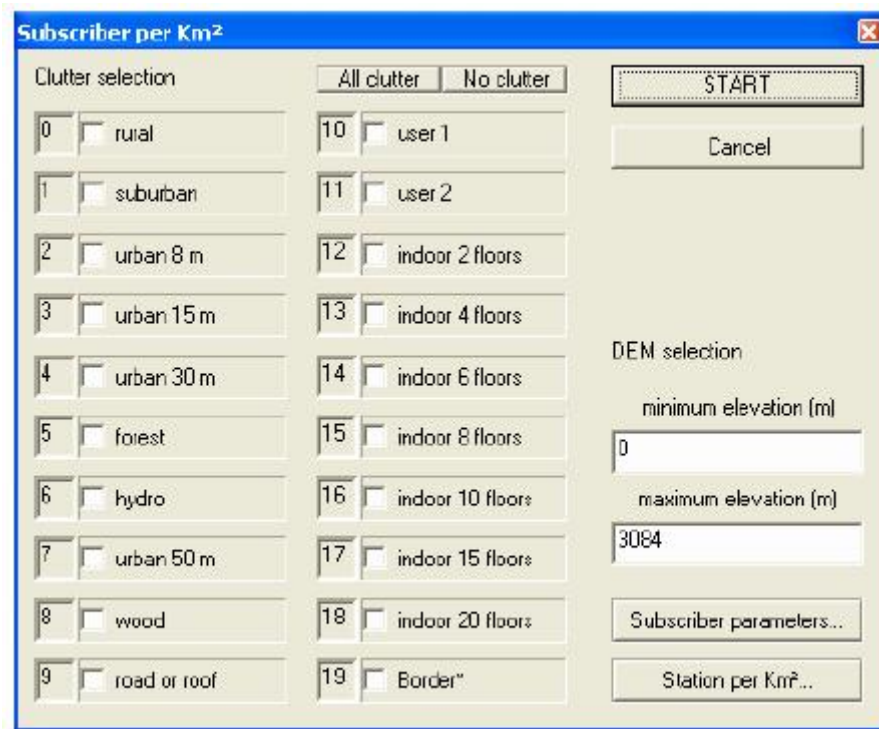


rectangle tool: the polygon tool allows adding a maximum number of subscribers of 32000 while the rectangle tool generates subscribers depending on the Erlang capacity defined per clutter.

- 3) In case you select the rectangle tool you select the area then click you get the following window select generate subscribers:



Then in the following window select the clutters



The image shows a software dialog box titled "Subscriber per Km²". It contains two columns of clutter selection options, each with a radio button. The first column lists options 0 through 9: rural, suburban, urban 8 m, urban 15 m, urban 30 m, forest, hydro, urban 50 m, wood, and road or roof. The second column lists options 10 through 19: user 1, user 2, indoor 2 floors, indoor 4 floors, indoor 6 floors, indoor 8 floors, indoor 10 floors, indoor 15 floors, indoor 20 floors, and Border*. Above these columns are two tabs: "All clutter" and "No clutter". To the right of the clutter selection is a "START" button and a "Cancel" button. Below these is a "DEM selection" section with two input fields: "minimum elevation (m)" with a value of 0, and "maximum elevation (m)" with a value of 3084. At the bottom right are two buttons: "Subscriber parameters..." and "Station per Km²...".

Clutter selection		All clutter	No clutter		
0	<input type="radio"/> rural	10	<input type="radio"/> user 1	<input type="button" value="START"/>	
1	<input type="radio"/> suburban	11	<input type="radio"/> user 2	<input type="button" value="Cancel"/>	
2	<input type="radio"/> urban 8 m	12	<input type="radio"/> indoor 2 floors		
3	<input type="radio"/> urban 15 m	13	<input type="radio"/> indoor 4 floors		
4	<input type="radio"/> urban 30 m	14	<input type="radio"/> indoor 6 floors	DEM selection	
5	<input type="radio"/> forest	15	<input type="radio"/> indoor 8 floors	minimum elevation (m)	
6	<input type="radio"/> hydro	16	<input type="radio"/> indoor 10 floors	<input type="text" value="0"/>	
7	<input type="radio"/> urban 50 m	17	<input type="radio"/> indoor 15 floors	maximum elevation (m)	
8	<input type="radio"/> wood	18	<input type="radio"/> indoor 20 floors	<input type="text" value="3084"/>	
9	<input type="radio"/> road or roof	19	<input type="radio"/> Border*	<input type="button" value="Subscriber parameters..."/>	
				<input type="button" value="Station per Km²..."/>	

And using the subscribers' parameters button set the parameters of the subscribers Erlang demand, number of lines....

Subscriber parameters

Call-sign: c575365 Site color: [black] Location: 35.31520 33.43548 870 4DM5 M/G: Site code: [] upd file... [P] [F] Ref. Coord. [Fit]

Basic parameters

Nominal power (w): 15000.000000
 Dynamic (dB): 0
 Tx ant gain (dBi): 0.00
 Rx ant gain (dBi): 0.00
 Losses (dB): tx: 0.00 rx: 0.00
 Tx add losses (dB): 0.00
 Frequency (MHz): 170.00000
 Antenna height (m): 70.00
 Azimuth (0-359°): 0.00 [Sec...]
 Tilt (-89° +89°): 0.000

Interference parameters

Tx bandwidth (KHz): 100.00
 Rx bandwidth (KHz): 100.00
 KTBf (dBm): 0 [calc...]
 Noise floor (dBm): 0
 TIL (dBW): 0 57...
 Launch delay (us): 0
 Carrier (dBm): 0 [calc...]
 Threshold (dBu): 35
 Ec/No required (dB): 0
 Eb/No (dB) rev/forw: 0 0
 Link availability %: 0.00000
 X polar. disc. (dB): 0.00
 Modulation: FM

Administrative info

address: [NUR-AALKAYF3]
 info (1): [ODFMNUR]
 info (2): [terte]
 Network ID: [8]
 user: [Base...]
 [Radio Nour FM]
 date: [20050630] yyyy/mm/dd
 type: []
 link: [LS]
 group: [5]
 call number: [0] ...
 attached: [0] [Base...]
 Multimedia...

NFD

Transmitting (mhz): [92.30000] MHz
 Receiving (mhz): [0.00001] MHz
☐ freqhop/wide band
☒ fixed frequency
 TD (dB): [0]
 Initial power: [0.00000] W
 [Init]
 EIRP (W): [15000]

Patterns

Diam/size (m): 0.0 Aalkai spv Aalkai sph
 H-pattern
 V-pattern
 H/V zoom
☐ 3D
 Load
 View
 3D convert
 Parabol
 699 1245
 465 29 27

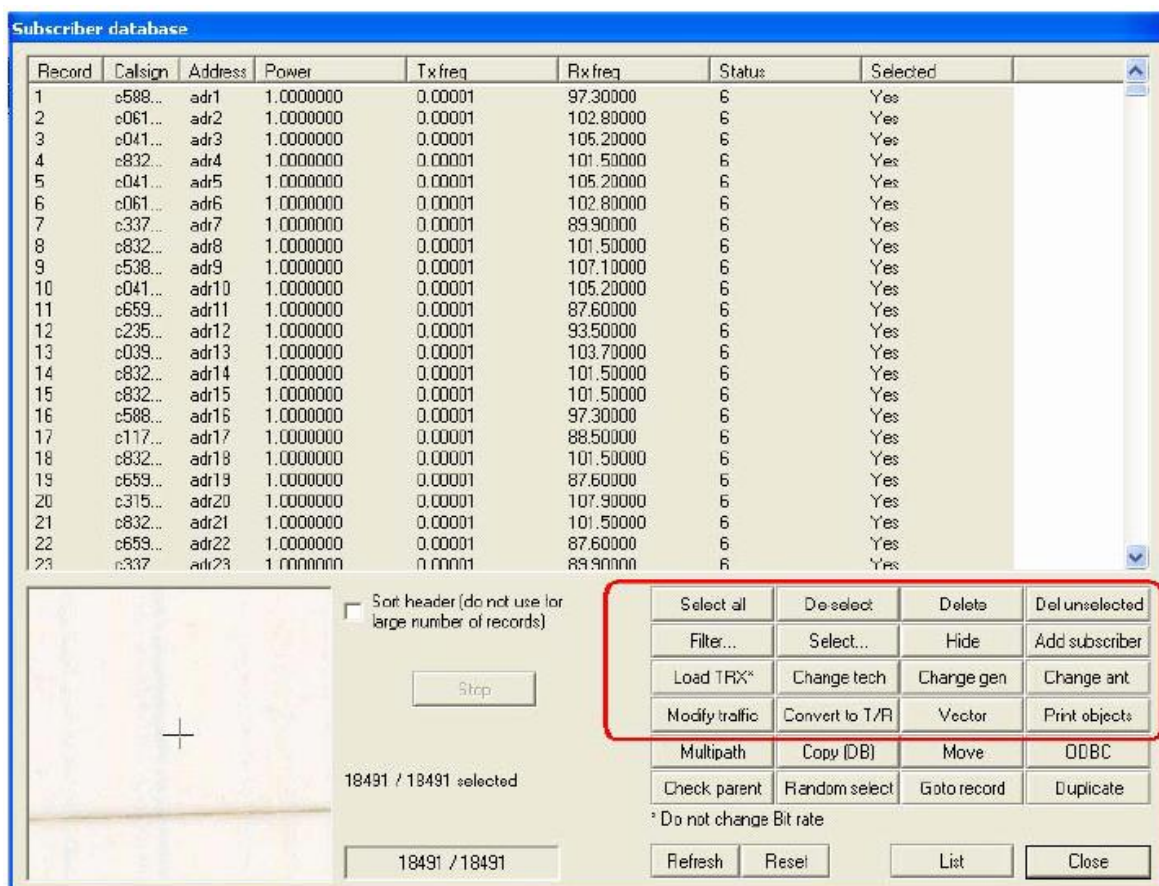
Traffic parameters

[calc...] [calc...]
 Kbit/s: [0.00] :down up: [0.00]
 Mcbps: [0.000] Activity: [1]
 Lines: [1] Erlang: [0.025]

RPE 2D files ☐ [select antenna]
 RPE 3D files ☐
☒ Standard antenna
☐ MIMO/adaptive antenna
 No. arrays: [0] upd gains
 T/R database [odb: equip. table]
 ant. database [equip. database]
 Load Save
 Close Cancel

And back to the subscribers per Km window go to the station per Km² window to set the Erlang demand per clutter, once done click on start.

- 4) Once the subscribers are generated you need to reopen the database (base→DB subscriber) and select them all to display them on the map, you can also do batch update for any parameter there.



Close this window once done and go to tools → object properties and select display subscribers option to display them on the map.

5) go to subscribers→parenting→global parenting

Subscriber parenting

Down link

- ☐ Connecting to first server - field strength(!)
- ☐ Connecting to best server - field strength(!)
- ☐ Connecting to nearest server - field strength(!)
- ☐ Connecting to best server - control bandwidth
- ☐ Connecting to nearest server - control bandwidth
- ☐ Gain diffusion
- ☐ Connecting to best server - control bit rate*(!)
- ☐ Connecting to nearest server - control bit rate*(!)
- ☐ Sort sub ☐ adaptive mod... ☐ site dispatch (trig)
- ☐ Connecting to best server - control lines*(!)
- ☐ Connecting to nearest server - control lines*(!)
- ☐ adaptive modulation...
- ☐ Connecting to best server - interference(!)
- Min C/N+I for parenting dB ☐ Check bit rate*
- ☒ Connecting to best server - control grade of service(!)
- ☐ Connecting to nearest server - control grade of service(!)
- GoS to achieve (%) ☐ P delayed calls
- Call duration (s) ☒ Erlang B
- Delay objective (s) ☐ Erlang C
- ☐ Control lines
- ☐ Connecting to best C/N+I (COFDM) - control bit rate(!)

☐ Report ☐ Orphan only ☐ Control BST sector

☐ Reliability**

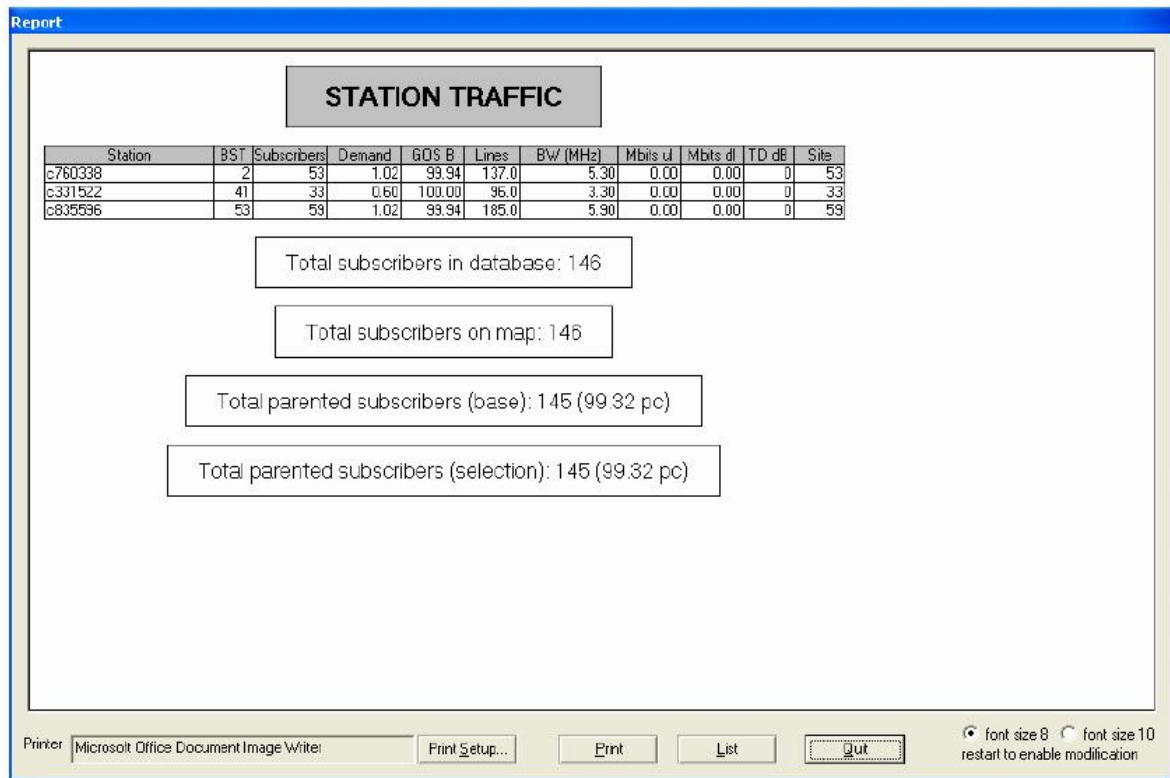
%:

Threshold

** threshold with no margin included

Specify the criteria based on which you wish to connect or parent your subscribers to stations, in case you want to control the GOS (grade of service) choose one of the two available options shown in the window above, then choose the Erlang formula to use, uncheck the orphan only option and make sure the right threshold is selected.

The simulation time varies depending on the number of subscribers, then a report similar to the one shown below is generated containing the achieved GOS per station, the number of subscribers each station can handle to meet the required GOS, and at the end the total network subscribers capacity.



Note that depending on the network size you might need to increase the number of subscribers to achieve the required GOS like in case the required GOS is 99% and a specific station is at 100%, subscribers need to be added in its coverage area to bring the GOS down.

1.2.2.3. Frequency assignment

In order to limit interference areas in the network, frequencies can be manually assigned according to cellular re-use strategies, or if preferred, an automatic method can be used.

Depending on the frequency reuse strategy considered, two different kinds of algorithms can be used (for more details, see the "Frequency assignment and Interference calculations" document).

- 1) Export stations in an internal base station database (see "General" document for more details).
- 2) In the following database menu, click on **Assign**.

Select all	De-select	Select...	Select highlight	Select from list	Filter...
Hide	Delete	Changes	Load TRX	Vector	Refresh
Simulation	Coverage	Assign	Script	Border	Overlapping
Spectrum	Extd radius pop	Test point	CDMA	Print objects	Find cs
Print SbS	Vectorize SbS	Parenting SbS	Coverage SbS	Ascii Grid SbS	Fld SbS
TIFF/TFW SbS	SbS population	Best server pop	Vector Line	Move	ODBC

3) The following window is then displayed :

Frequency assignment

Mode

☒ Band assignment ☐ Multi-channels assignment

☐ Minimum frequency spacing: MHz

☐ Maximum frequency spacing: MHz

Number of frequencies

☐ Group assignment - multi-channels

☐ Keep number of channels defined for each station

☐ Start index assignment (Frequency Hopping mode)

Number of groups

☐ List assignment

☐ Multi-channels assignment

☐ Minimum frequency spacing: MHz

☐ Maximum frequency spacing: MHz

Number of frequencies

☐ Tx plan assignment ☐ Multi channels assignment

☐ Minimum frequency spacing: MHz

☐ Maximum frequency spacing: MHz

☒ Tx ☐ Rx ☐ Tx/Rx ☒ fixed spacing**

☐ Polarization assignment H/V ☐ Multi-channels interference

Rules

☐ Apply frequency spacing on same site MHz: ☒ Tx/Tx ☐ Tx/Rx ☐ from TB if azimuth spacing <

☒ and ☐ or

☐ Forbid same polarization on site if az. spacing <

☐ Forbid same frequency on same site

Site: Distance between stations <= m

☐ Organize Tx list - frequency isolation constraint: m

☐ Organize Tx list - sector constraint (delta=0°)

☐ Organize Tx list - coverage size constraint

☐ Assign polarization (H/V)

Number of pass

☒ Exhaustive method ☒ Assign all channels

☐ Monte-Carlo method ☐ Assign pilot channel

☐ Iterative method ☐ Assign traffic channels

☒ Sequential method

Same Freq ☐ Activated Tx ☐ Network ID ☐ Linked Tx

☐ Overlapping rule (frequency reuse)

if Delta FS <= dB

Delta Freq >= MHz

Assign selected station frequencies

Station Channel

Tx freq Rx freq MHz

Rx ant discr

☒ none ☐ Threshold = wanted cover. (excl red)

☐ 419/GE ☒ Global interference

☐ use# ☐ Virtual mode

☐ Unwanted coverage from FDU

(*) switch Tx/Rx frequencies, (!) not saved

(**) signed duplex only used if fixed spacing

Set the frequencies to assign (by band or group), the different rules to apply, (C/I) required ratios,...

The different parameters considered in frequency assignment and interference calculation can be obtained whether from ETSI recommendation or equipment requirements. It might also depend on the operator needs.

For example, the TETRA specification calls for the following minimum interference ratios :

- Co-channel interference ratio: $C/I = 19$ dB.
- Adjacent channel ratio: $C/I = -45$ dB (i.e. 64 dB rejection).

The operator can then also choose to either use the adjacent channel rejection figure for every other band out to $n + 4$ (pessimistic approach) or can ignore the effects of those other bands (more optimistic). In most situations, either is acceptable, but this is an issue for the designer to decide.

To perform frequency assignment, it is necessary to first carry out a coverage simulation for both the wanted and unwanted transmissions.

ICS Telecom supports many interference type simulations, but the most suitable for the TETRA and GSM systems is the Interference C/I rules. This supports the simulation of n wanted transmissions against m interferers (one or many to one or many).

The simulation will then automatically select the least interfering combination of channels for all activated sites.

Those sites which are de-activated will still be considered in the interference assessment, but their frequencies will not be changed.

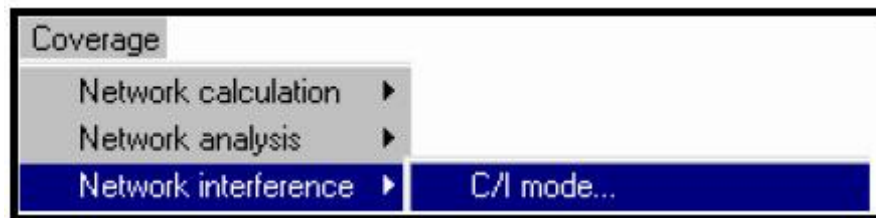
The frequency parameters for each element will be automatically updated.

1.2.2.4. Interference calculation

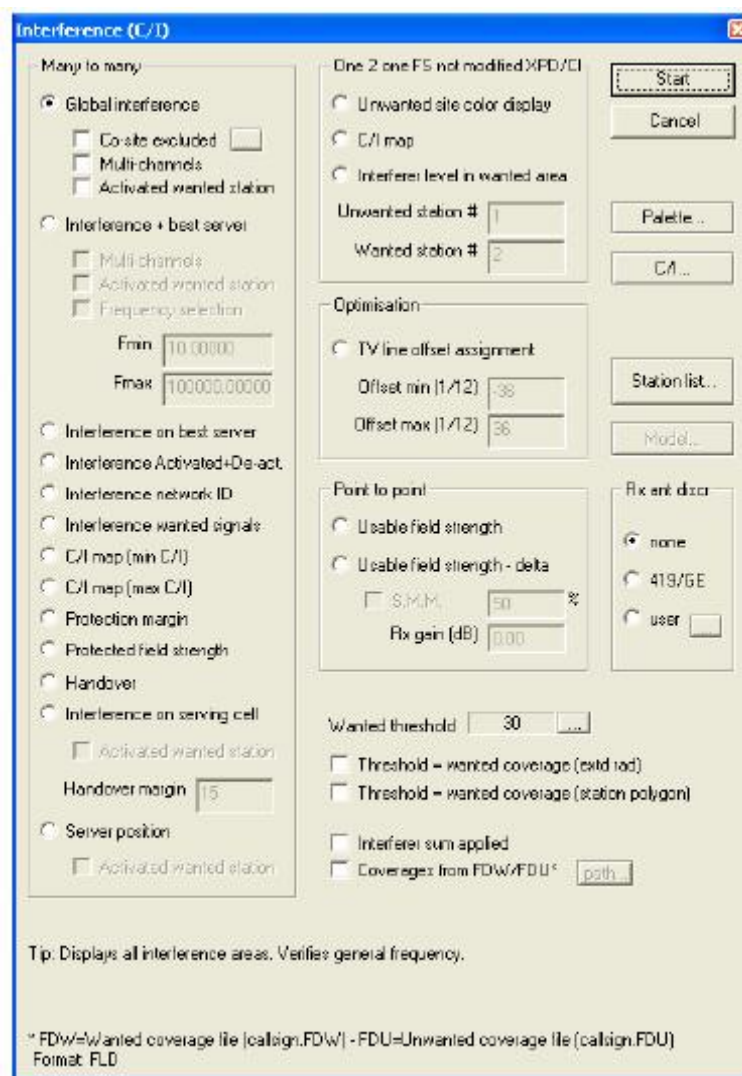
It is necessary now to determine whether the re-use strategy or the automatic frequency plan found introduces unacceptable interference into the system as a whole.

The process is as follows.

- 1) Activate all wanted base stations.
- 2) De-activate all sites that are not to be considered as interferers.
- 3) Select the following function :



- 4) Set the simulation parameters in the appearing window : interference rule (Global interference or interference+best server), C/I required ratios, ... For more detail, see the “Frequency assignment and Interference calculation” document.



- 5) Click on Start.
- 6) Analyse results : the results are shown graphically and a lot of ways to analyse interference can be used : customise the palette, use Map/Filter/General filter to compute interfered or non-interfered areas, ...


1.2.3. *Microwave Links planning*

Where it is decided to use a microwave network, the microwave components of ICS Telecom can be used as described in chapter 3 which explains in detail how to plan a Microwave Links network considering a network of existing base stations.


1.3. Mobile aspects

In order to check coverage on mobile points or handover areas, several functions can be used. It is also possible to import and display measurement results on the map.

1.3.1. *Analyse reception of a mobile receiver*


- 1) Define the **mobile path** to consider with  and the mouse. Then set the mobile receiver **parameters**.

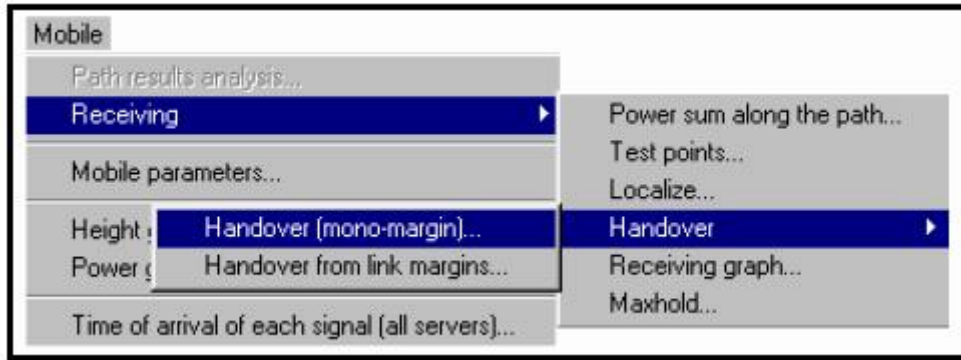
- 2) Activate the **Move** mode clicking on .

- 3) Select the **receiving tool** clicking on . C/I requirements don't need to be set for this calculation, just click on **OK**. Then click on any point on the map.

- 4) The results, displayed in a text document, give for each Way Point the received power coming from all activated stations.

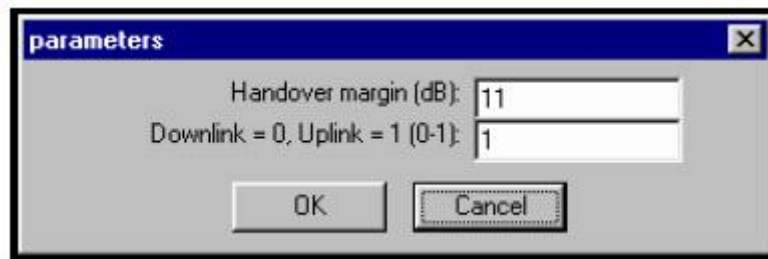
1.3.2. *Check handover along a path*

- 1) Define the **mobile path** to consider with  and the mouse. Then set the mobile receiver **parameters**.
- 2) Use one of the following function :

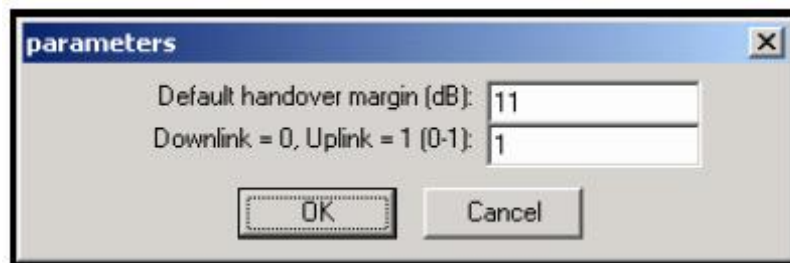


- **Handover (mono-margin)...**: In this function, the same handover margin is used for all the stations.
 - **Handover from link margin...**: In this function, different handover margins can be considered, depending on the stations that are in handover (see below for the creation of the Links).
- 3) Then set the Handover margin and the Uplink mode :

- **Handover (mono-margin)...**:

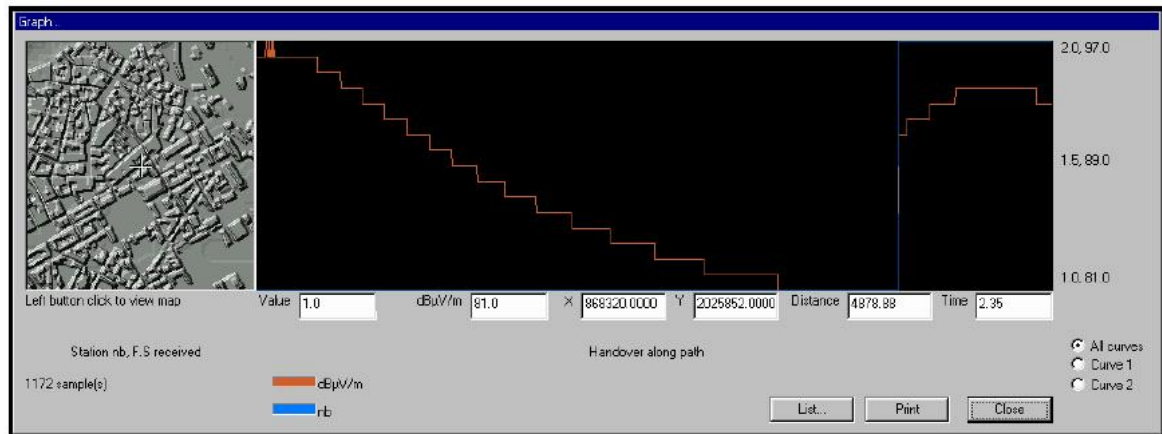


- **Handover from link margin...**: The **Default handover margin (dB)** will be used if no link is defined between 2 stations.



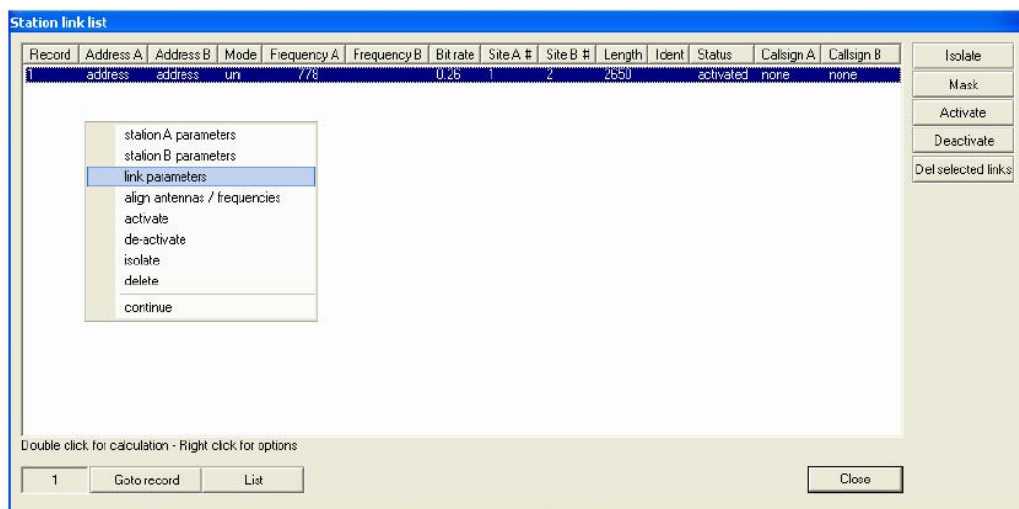
- 4) At Way point n°1 of the path trajectory, the system designates the best server received station. Then, at each point of the path, the best server station that takes in charge the mobile is the one that has the received field strength greater than the field strength received from the previous best server plus the handover margin.

- 5) At the end, the handover graph is opened showing the field strength received and the best server number on each point of the path.



Note : To use a hand-over from link margin, the Links between stations must be previously defined and set up using the following process :

- 1) Select the link mode clicking on .
- 2) Then draw unidirectional links between each couple of stations to be considered. To define bi-directional links between stations A and B, define 2 unidirectional links between A and B and between B and A.
- 3) Go in **List/Link list ...**
- 4) In the following appearing window, right click on each link and select **link parameters**.



- 5) In the following box, define the Link ident (for information only) and the corresponding **Handover margin**.

parameters

Link ident: Link1

Bit rate (Mbit/s): 0.2560

Handover margin (dB): 0

change number of Rx cx (-1=no change): -1

change number of Tx cx (-1=no change): -1

change frequency plan (0=no change): 0

OK Cancel

1.3.3. Handover areas

- 1) In the **Coverage/Network interference/C/I** mode choose **Interference on service call** option, check the **handover margin** and click on **Start**.

Interference (C/I)

Many to many

☒ Global interference

☐ Co-site excluded ☐

☐ Multi-channels

☐ Activated wanted station

☐ Interference + best server

☐ Multi-channels

☐ Activated wanted station

☐ Frequency selection

Fmin

Fmax

☐ Interference on best server

☐ Interference Activated+De-act.

☐ Interference network ID

☐ Interference wanted signals

☐ C/I map (min C/I)

☐ C/I map (max C/I)

☐ Protection margin

☐ Protected field strength

☐ Handover

☐ Interference on serving cell

☐ Activated wanted station

Handover margin

☐ Server position

☐ Activated wanted station

One 2 one FS not modified XPD/CI

☐ Unwanted site color display

☐ C/I map

☐ Interferer level in wanted area

Unwanted station #

Wanted station #

Optimisation

☐ TV line offset assignment

Offset min (1/12)

Offset max (1/12)

Point to point

☐ Usable field strength

☐ Usable field strength - delta

☐ S.M.M. %

Rx gain (dB)

Rx ant discr

☒ none

☐ 419/GE

☐ user

Wanted threshold ...

☐ Threshold = wanted coverage (extd rad)

☐ Threshold = wanted coverage (station polygon)

☐ Interferer sum applied

☐ Coverages from FD'w/FDU*

Start

Cancel

Palette...

C/I...

Station list...

Model...

Tip: Displays all interference areas. Verifies general frequency.

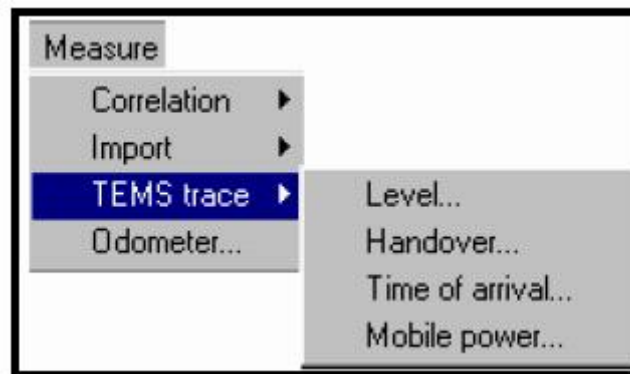
* FD'w=Wanted coverage file (callsign.FD'w) - FDU=Unwanted coverage file (callsign.FDU)
Format: FLD

- 2) This function shows the covered region where there are two or more wanted signals within the given handover (HO) margin. **This is not really a way to check interference.** The rules are the following :
- If $| \text{Wanted signal 1} - \text{Wanted signal 2} | \leq \text{HO margin}$, the resulting coverage is displayed with **color tool**. Handovers are possible in these areas.

- If $| \text{Wanted signal 1} - \text{Wanted signal 2} | > \text{HO margin}$, the resulting coverage is a **site coverage** and no handover is possible.

1.3.4. Import measures and display them on the map

- 1) Create a TEMS file (.FMT) containing the datas with the expected format (see Reference Manual for detail).
- 2) Use one of the following options :



- **Level** : Displays the field strength values contained in the TEMS file.
- **Handover** : Displays the cells jump. One color of the palette is dedicated to each cells jump.
- **Time of arrival** : Displays along the measurements trajectory the TOA of signals coming from the measured stations.
- **Mobile power** : Displays along the measurements trajectory the percentage of power (limited to 15) of the mobile.

1.4. Network optimisation

After initial planning and more detailed analysis, optimisation is the process of changing features of the network to more closely fit the requirements. This can be achieved by :

- Adding or changing sites to improve coverage.
- Adding or changing sites to improve traffic capacity by sectoring antennas for example.
- Frequency planning to minimise interference.
- Frequency re-use strategy to minimise spectral requirements.

Network optimisation is a lengthy, detailed process but it does not involve any further methods than have been already described. The key to managing the optimisation process in ICS Telecom is to bear in mind the following:

- Version management is essential : use different databases and well named EWF files to keep different solutions to the requirements separate. Make full use of the internal databases.
- Planning is an iterative process : Try to get physical measurements or datas to back up simulation results. Surveys are always still required, albeit that the use of a tool like ICS Telecom reduces the need for comprehensive testing.

Optimisation as a process cannot really be taught, but this chapter should have provided the tools necessary to allow you to continue to learn yourself to improve your skills.

2. Network Design and Analysis for W-CDMA

In this chapter you will learn how to design a new network from scratch or assess an existing one for W-CDMA use; connectivity will be validated studying both the forward and reverse links, and the pilot and traffic dimensions, more precisely you will learn:

- W-CDMA parameters and Traffic Hypothesis.
- Finding sites.
- Network calculation.
- Network analysis.
- Network optimization.
- MGW System analysis.

2.1. W-CDMA parameters and Traffic model

2.1.1. W-CDMA parameters

In the "Advanced" tab of the station parameters set the W-CDMA fields:

Traffic parameters	
Slot/cx	0
Reserved slot	0
Erlang	0.000
% pilot power	15
% paging pow(%)	12
% synch pow(%)	10
Mchips/s	3.840
PN code	0
Bit rate Kbit/s	30000.00
calc...	

% pilot power : Percentage of the total power allocated to the Pilot channel.

% paging pow : Percentage of the Pilot power allocated to the Paging channel.

% synch pow : Percentage of the Pilot power allocated to the Synchronization channel.

Note : The percentage of the total power allocated to the traffic channels is then :

$100 - (\% \text{ pilot} + \% \text{ paging} / 100 * \% \text{ pilot} + \% \text{ paging} / 100 * \% \text{ pilot power})$.

Bit rate Kbits/s : Total traffic capacity of the station.

Mchips/s : Spreading rate applied on forward traffic channels.

2.1.2. Traffic model

Since the demand coming from a single mobile may decide on the capability of a node B to give service to the other mobiles of the cell, we suggest considering a traffic model based on a population of mobiles.

This population can be defined by its geographical breakdown (number or density of mobiles for a certain area) and the profile of each mobile (technical parameters and single demand).

It will be build as a subscriber database.

The W-CDMA parameters defined in the Subscribers parameters window are:

% pilot power : Percentage of the total power allocated to the Pilot channel.

% paging pow : Percentage of the Pilot power allocated to the Paging channel.

% synch pow : Percentage of the Pilot power allocated to the Synchronization channel.

Note : The percentage of the total power allocated to the traffic channels is then :

$100 - (\% \text{ pilot} + \% \text{ paging} / 100 * \% \text{ pilot} + \% \text{ paging} / 100 * \% \text{ pilot power})$.

Bit rate Kbits/s : Total traffic required by the mobile.

Mchips/s : Spreading rate applied on the reverse traffic channel.

Set also the connection criteria to consider :

Ec/I0 required (dB) on the forward pilot channel.

Eb/N0 required (dB) on the reverse traffic channel.

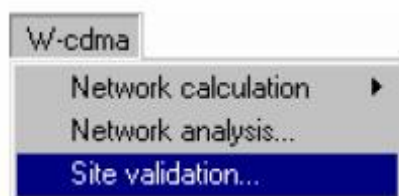
Eb/N0 required (dB) on the forward traffic channel.

Note that the requirements on forward and reverse traffic channels can be different (asymmetric traffic).

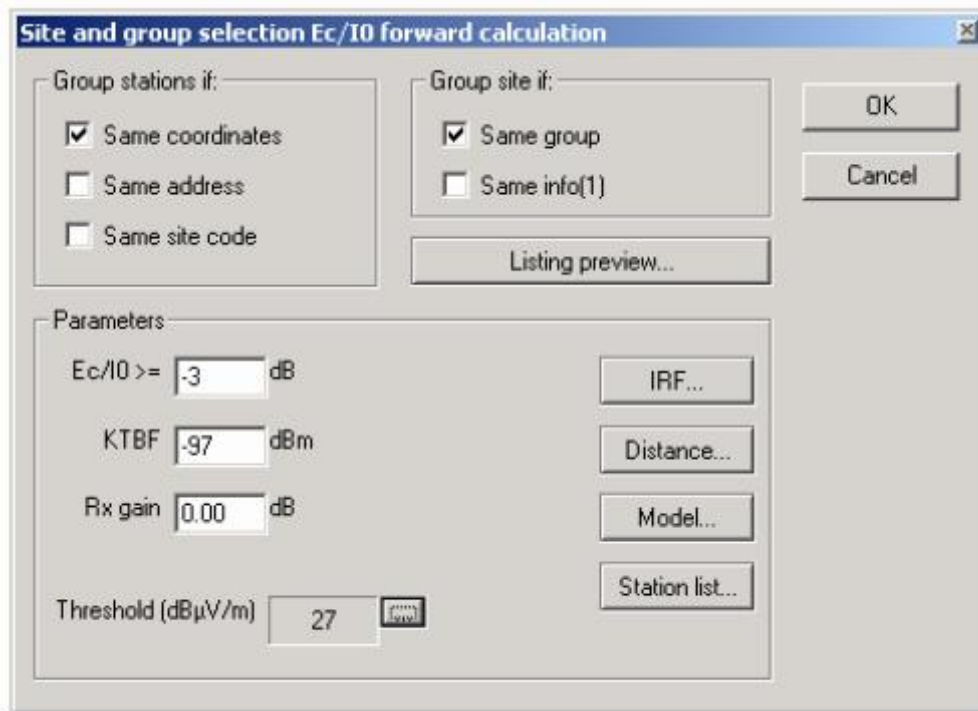
In the present document, “mobile” and “subscriber” will alternatively be considered without distinction any between both terms. As well as “Station” will refer to “Node B”.

2.2. Finding sites

2.2.1. (GSM) Site validation



If existing sites are used to build a W-CDMA network (e.g.: for migration from GSM to W-CDMA), it is possible to assess the different re-use combinations through the Site Validation function :



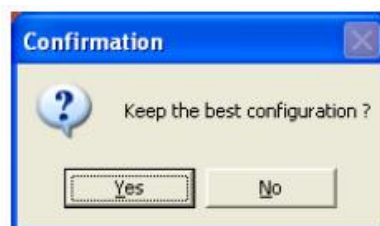
This function selects the best combination of activated node B (stations) to optimize the pilot coverage area or (in terms of maximum E_c/I_0).

Note : The coverage of each station must be previously performed.

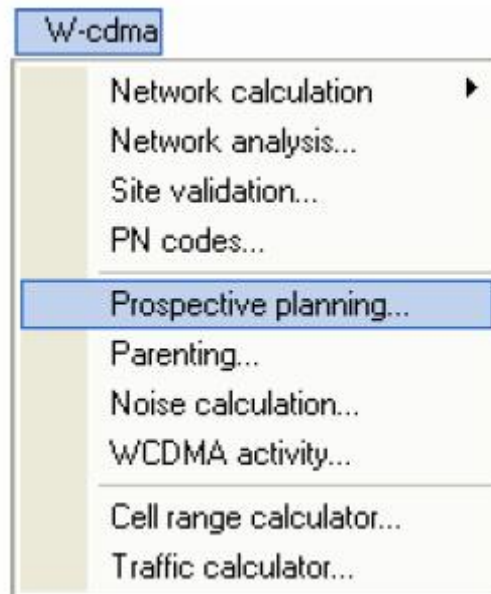
- 1 Group the stations (sectors) of a same site by coordinates and/or address and/or site code.
- 2 Group the sites by dif code and/or Info(1).
- 3 Select the validation mode: selection of the best network regarding the covered area on the E_c/I_0 criteria.
- 4 Check the propagation model and the maximum distance for calculation, and then click on OK.

Each combination of sites (one site for each group of sites) will be tested.

At the end of the calculations, the best network will remain activated while other stations will be deactivated if you "Keep the best configuration".



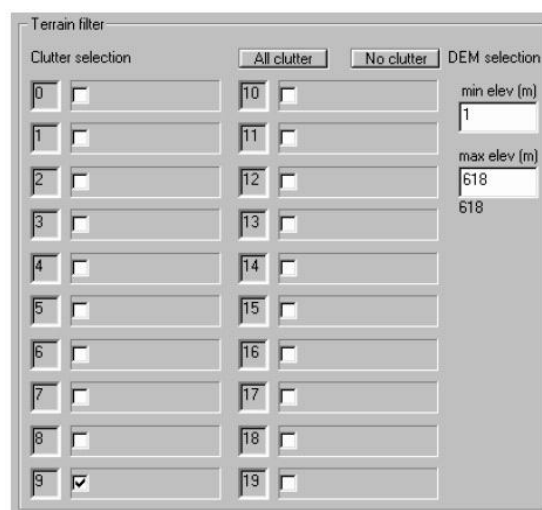
2.2.2. Prospective planning



An alternative way of searching sites is to run a Prospective Planning based on the traffic model. This automatic search can be oriented to a re-use of existing sites locations if they have been previously identified by a clutter code.

First, the program will search for possible sites to give pilot coverage to the maximum number of mobiles selected in the database (Ec/I0 criteria). It will then try to parent them fulfilling an Eb/N0 reverse condition.

- 1) Define filter on **clutter** and **DEM** for the site searching.

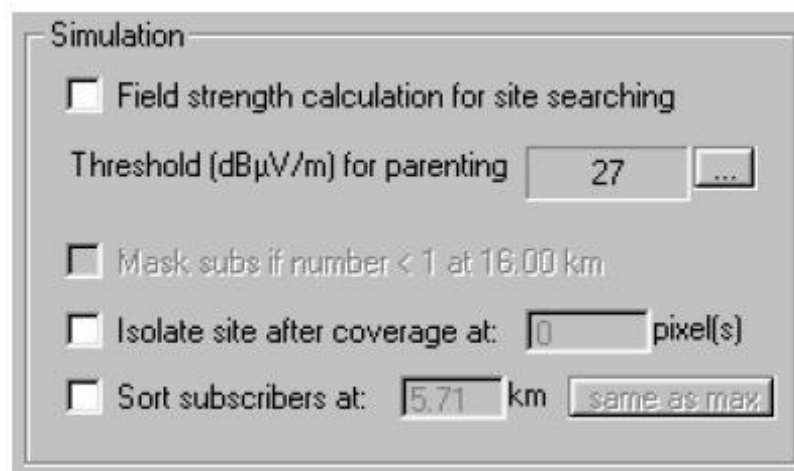


- 2) Select orphan subscribers in the database to be considered and check the stations already on the map.



The **Keep existing parenting** option keeps existing connections between subscribers and stations.

3) Then set the simulation parameters:



4) Set the minimum received field value for parenting (**Threshold**).

5) Then, select if needed one or several of the following options:

Mask subs if number < X: Unselect subscribers in a square of two times the maximum distance if the number of neighboring subscribers is lower than "Remove site if subscriber(s) connected <".

Sort subscribers at: Set the maximum distance to check high density of subscribers areas. A site will be positioned on the map when the weight of the neighborhood matrix is greater than "Remove site if subscriber(s) connected <" and lower than "Deploy site when subscribers covered >=".

"Same as max" button sets the size of the neighborhood matrix at the maximum distance value.

Isolate site after coverage at: If a subscriber is covered, the subscribers at X pixels are also considered as covered for site searching only (not for parenting).

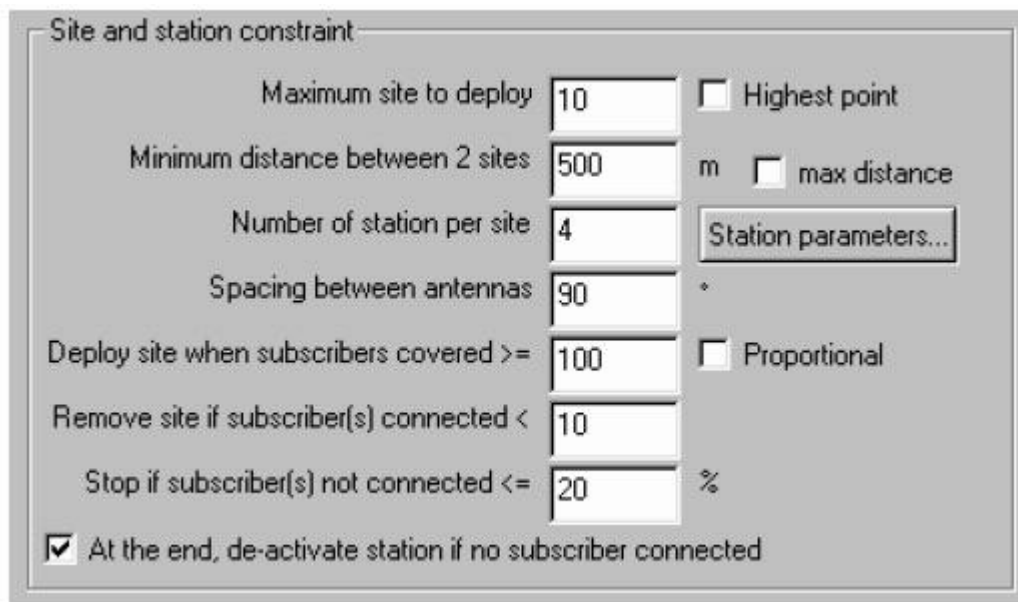
Field strength calculation for site searching: If this option is checked, the site searching will be performed in terms of field strength, instead of visibility. Note that the parenting is always performed in terms of field strength.

6) Then the connection limit of each node B :



Maximum connection per station 256

7) Then set the **site and station constraints**:



Site and station constraint

Maximum site to deploy	10	<input type="checkbox"/> Highest point
Minimum distance between 2 sites	500	m <input type="checkbox"/> max distance
Number of station per site	4	<input type="button" value="Station parameters..."/>
Spacing between antennas	90	*
Deploy site when subscribers covered >=	100	<input type="checkbox"/> Proportional
Remove site if subscriber(s) connected <	10	
Stop if subscriber(s) not connected <=	20	%
<input checked="" type="checkbox"/> At the end, de-activate station if no subscriber connected		

Set the **maximum number of site to deploy**. A site may include several sectors or stations, so set the number of stations per site and the azimuth spacing between two adjacent sectors. Set the **station parameters** to deploy. A **minimum distance between two sites** can be set. The max distance (highest point) option choose the farthest (highest) point in case of several points giving same results in terms of subscribers connected from the considered points.

A site will be deployed on the map if the number of connected subscriber is greater than "**Deploy site when subscribers covered**>=". The proportional option takes into account the highest number of subscribers covered if lower than the limit.

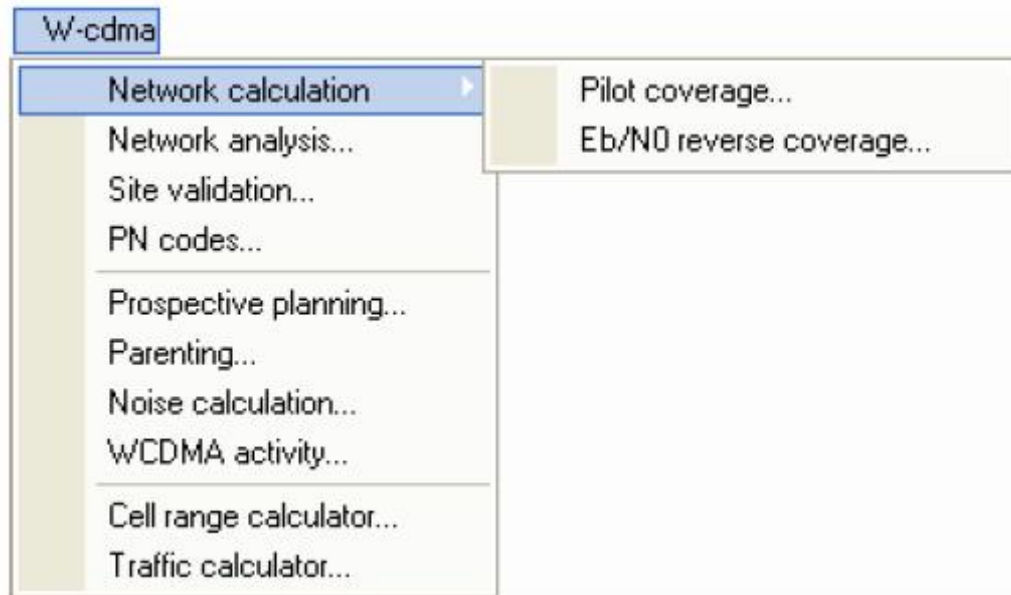
Calculation will end whether when the maximum number of sites has been deployed or when the **number of subscribers not connected** is lower than the limit.

8) Launch calculation.

9) Check result, coverage and parented subscribers and save it in Excel file.

2.3. Network Calculation

Calculate the Pilot and traffic coverage through the Network calculation functions:

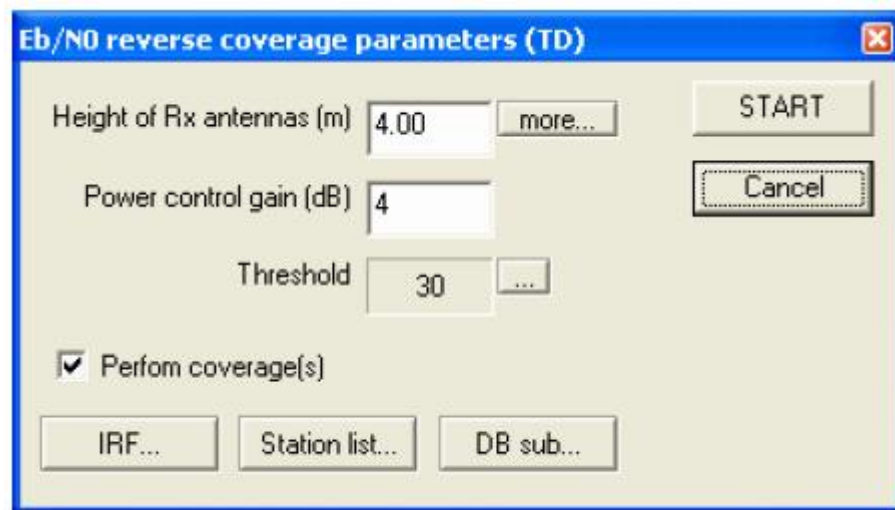


2.3.1. Pilot Coverage

The **Pilot coverage** function performs coverage for each node B taking into account the part of the EIRP allocated to pilot channels.

2.3.2. Eb/N0 Reverse Coverage

The **Eb/N0 reverse coverage** first performs a parenting taking into account the E_c/I_0 forward and E_b/N_0 reverse constraints. Secondly, it calculates the threshold impairment the connected mobiles generates onto each node B. Then, it displays the resulting coverage due to the threshold impairment effect :



- 1) Select the **subscribers** and the **stations** to take into account.
- 2) Enter the **Interference Rejection Factors**.
- 3) Enter the **Power Control Gain** due to power control on the reverse link :
 $(Eb/N0)_{rev} = Eb / [\text{sum}(I) - PCG]$
- 4) Set the **height of Rx antennas**, in case you want to **perform coverages** of the activated nodes B (if no coverage already exists). The newly calculated coverage will take into account the threshold impairment caused by reverse communications on each node B.

2.4. Network Analysis

Enter the W-CDMA/Network Analysis window:

CDMA coverage analysis

Action

☒ Ec/I0 forward calculation
☐ Ec/I0 forward pilot pollution
☐ Eb/N0 forward calculation

Orthogonality Bit rate Kb/s
 Power control gain (dB)

☐ Display best server when Ec/I0 > dB
☐ and best server offset > dB
☐ Average value in Best server coverage
 KTBf* dBm Rx gain dB

Wanted threshold ...
☐ Threshold = wanted coverage (ext rad)
☐ Activity factor weighting [IRF-10.lg(activity)]
 More options...

IRF mask (dB)

N=0	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> used	N=10	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used
N=1	<input type="text" value="33"/>	<input checked="" type="checkbox"/> used	N=11	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used
N=2	<input type="text" value="43"/>	<input checked="" type="checkbox"/> used	N=12	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used
N=3	<input type="text" value="40"/>	<input type="checkbox"/> used	N=13	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used
N=4	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used	N=14	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used
N=5	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used	N=15	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used
N=6	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used			
N=7	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used			
N=8	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used			
N=9	<input type="text" value="50"/>	<input type="checkbox"/> used			

Check "used" button to define filter for 14 GHz table

☐ IRF from tables (ETSI 38, 14, 13, 23, 24.5-26.5 GHz and IC 16 KHz BW: 150, 450, 850 MHz), IEEE 802.11/802.16
☐ CNC-DNRc61 ☐ CNC-DNRc54
☐ IRF from NFD matrix
☐ Global XPD dB Circular/H or V = 3 dB

Calculates the max Ec/I0 map according to the KTBf of a receiver on each point of the terrain.
 Wanted=activated stations,
 Unwanted=activated+deactivated stations

Tx bandwidth / Tx bandwidth

Start
 Cancel
 Palette...
 Station list...
 Load
 Save

* C - C/N req

All results are based on the previously performed coverage:

First set the receiver parameters: **KTBf**, **Rx gain** and **IRF mask**.

2.4.1. Eb/N0 Reverse Coverage

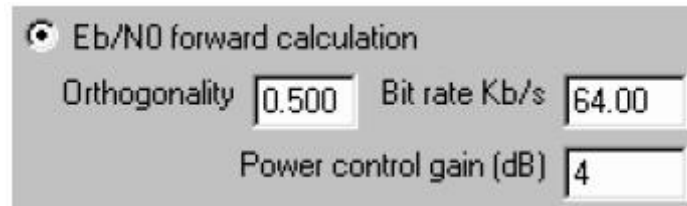
- 1) Run an **Ec/I0 forward calculation** to display the max Ec/I0 map. If the **Display best server when Ec/I0 >** option is checked, the result will be a Best Server map for all the points complying with the minimum Ec/I0 condition.
- 2) An **Ec/I0 forward pilot pollution** analysis is also available in order to assess saturation on the mobile side. The drawn map shows, for each point of the terrain, the number of pilot channels received with a Ec/I0 higher than the specified value:

☒ Minimum Ec/I0: dB

2.4.2. Traffic analysis

For a deeper analysis of the forward traffic, run an **Eb/N0 forward calculation**.

- 1) As field propagation may modify the **orthogonality** of Walsh codes between adjacent cells, a factor ≤ 1 can be set.
- 2) Set also the traffic **bit rate** and the **Power control gain** due to station power control on the forward link.



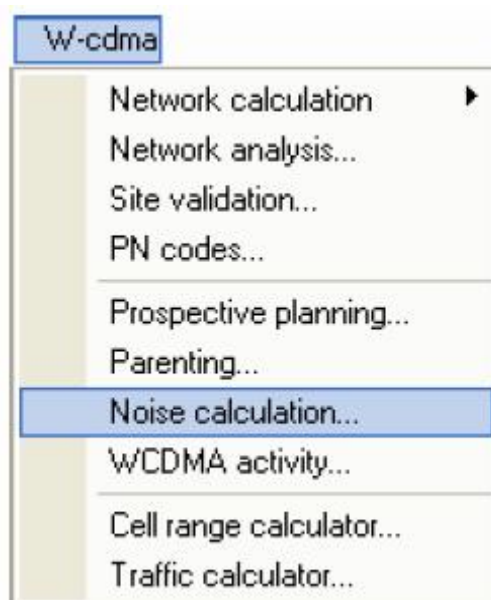
☒ Eb/N0 forward calculation

Orthogonality Bit rate Kb/s

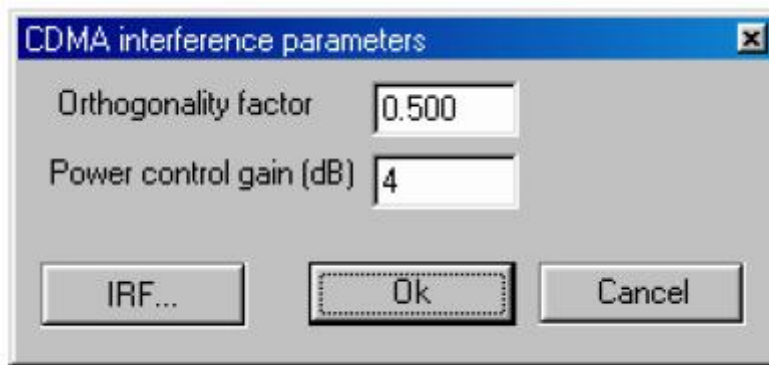
Power control gain (dB)

The result is either a max Eb/N0 map based on the strongest traffic signal received on each point or a best server map for all the points complying with the **minimum Eb/N0** condition:

2.4.3. Noise calculation

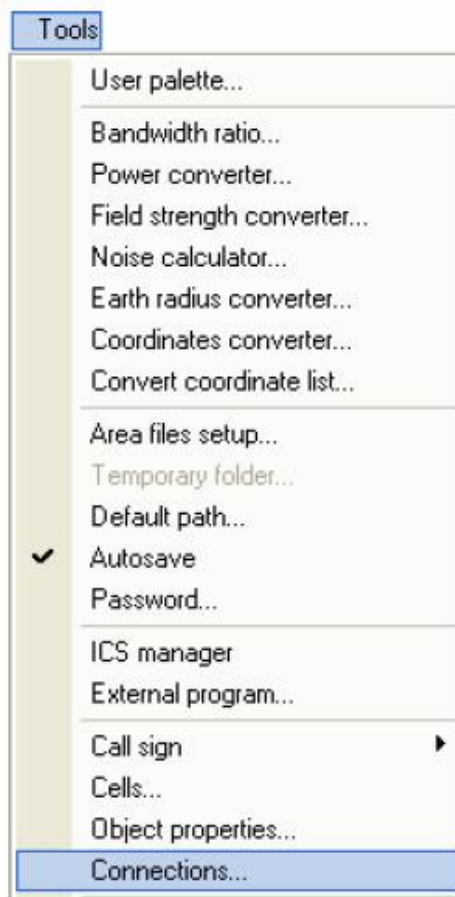


To generate a complete report for each connection, enter the **Noise calculation** menu. Set the **orthogonality** factor and the **power control gain** on reverse links.

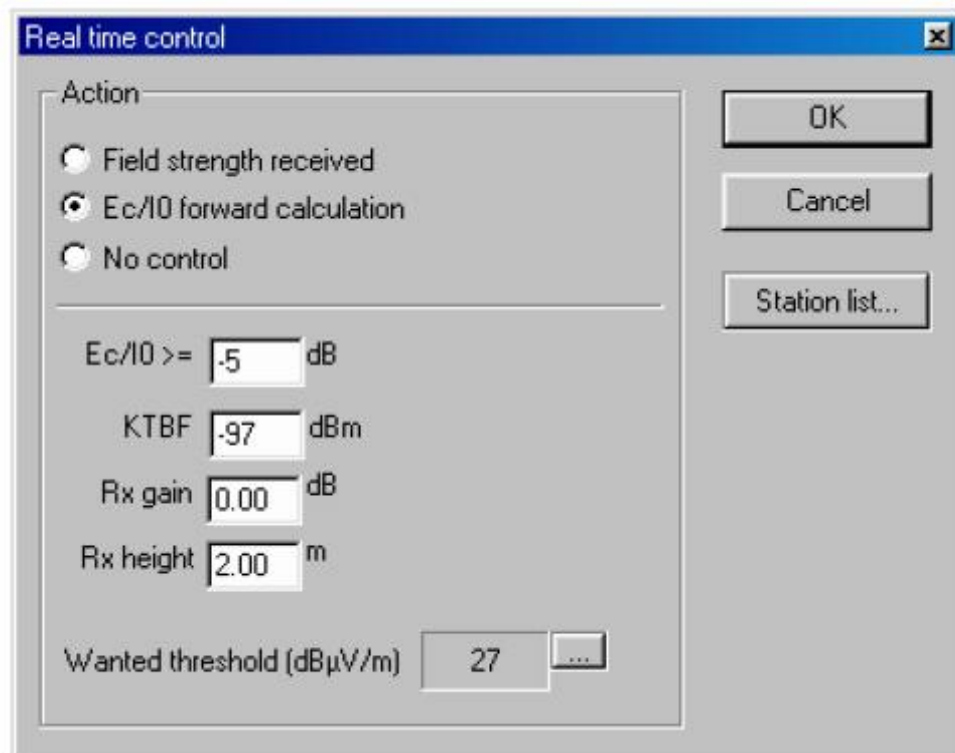


The report will give, for each mobile of the subscriber population, an analysis of the received power, the pilot connection, and both the forward and reverse traffic channels.

2.4.4. Real time mobile connections



To study the simultaneous connection capabilities of a position under a field strength or E_c/I_0 condition, use the Tools/Connections function.



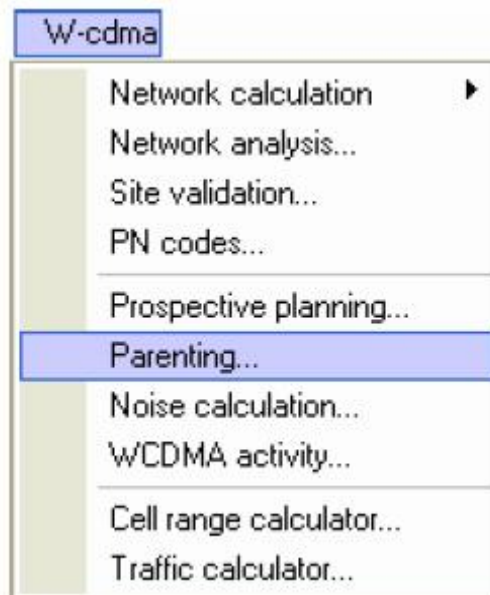
By moving the cursor on the map, you can instantaneously visualize the connections between the different activated base stations and your virtual mobile.



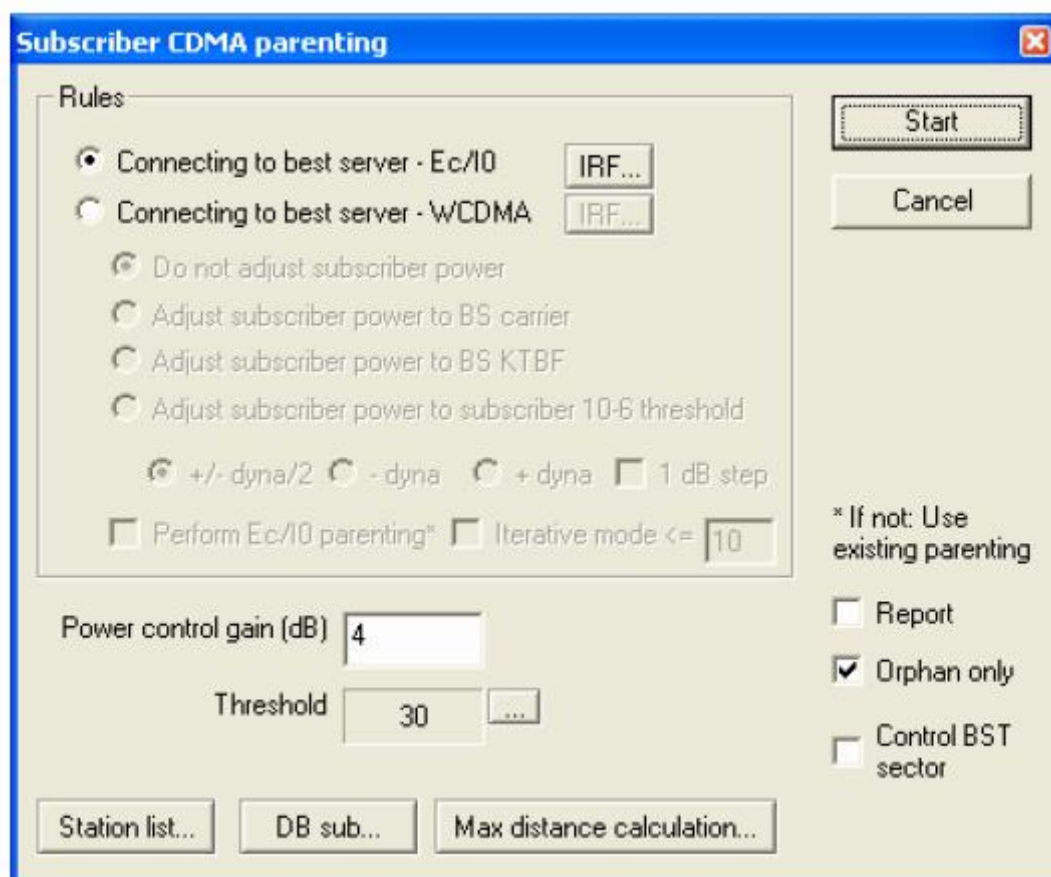
2.5. Network optimization

To tune or validate the Network parameters (power split between pilot and traffic channels for example), use the two following functions:

2.5.1. Parenting



Enter the **Parenting** menu to test effective connectivity:

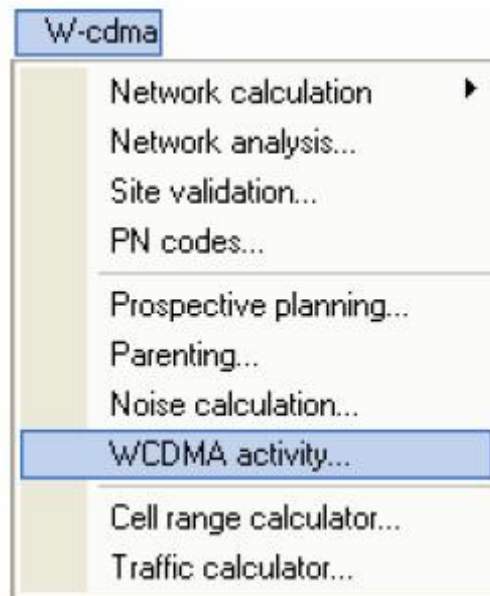


Set the adequate Interference Rejection Factors

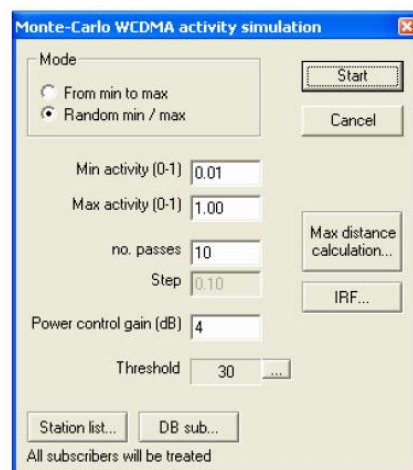
Connecting to best server – E_c/I_0 : each mobile will be connected to the best server able to send to it a pilot signal greater than its required E_c/I_0 .

Connecting to best server – W-CDMA : to perform a complete W-CDMA parenting, including E_c/I_0 and E_b/N_0 reverse criteria of each mobile.

2.5.2. Monte-Carlo simulation/ WCDMA activity



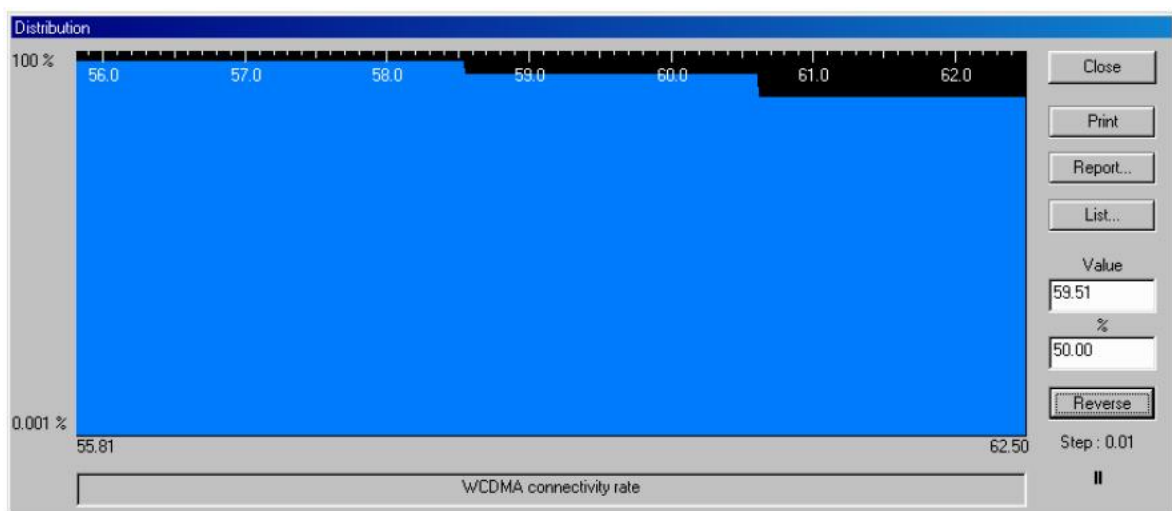
Through the WCDMA activity function, you can access the Monte-Carlo simulations. For each pass, a random number of mobiles are selected in the subscriber's database. This number is equal to the product of the total number of mobiles that receive an E_c/I_0 greater than the required value by the current activity factor.



- 1) Set the **Min** and **Max** activity factor.
- 2) Set the **Number of passes** to be iterated and the **power control gain** on reverse links.
- 3) If using the **From min to max** mode, also set the activity **step**.

Mobiles will first be connected to a parent Base Station according their E_c/I_0 requirement. Then the program will test the E_b/N_0 connection capability of the network under a progressive (From min to max) or random (random min / max) load of the demand.

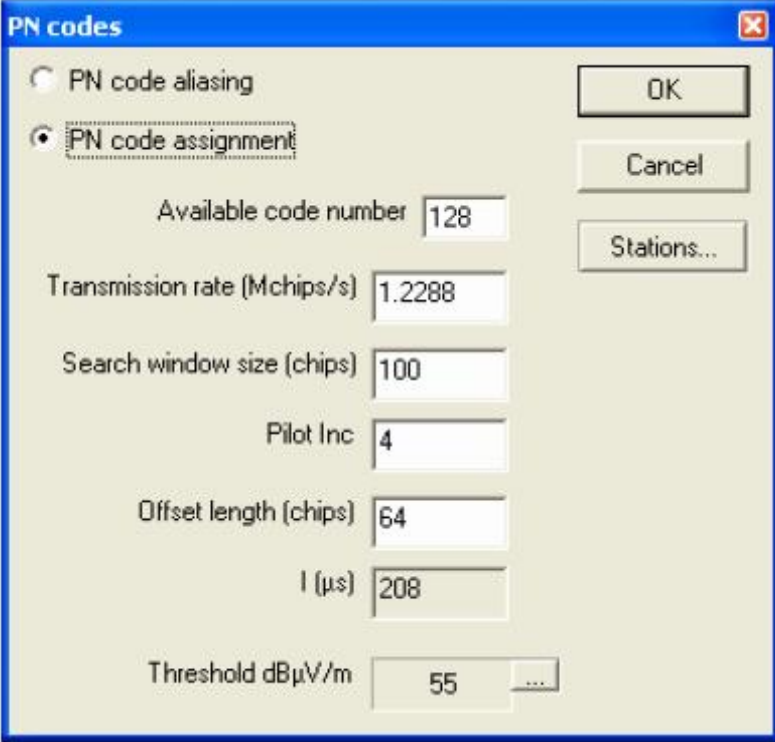
The connection rate distribution is revealed on the result chart:



2.6. PN codes in ICS Telecom / HTZ Warfare (IS 95/ CDMA 1X)

2.6.1. W-cdma/PN codes functions

PN code assignment: Code assignment between 1 and the maximum number of available codes:



The image shows a 'PN codes' dialog box with a blue title bar and a close button. It contains two radio buttons: 'PN code aliasing' and 'PN code assignment'. The 'PN code assignment' option is selected. Below the radio buttons are several input fields: 'Available code number' (128), 'Transmission rate (Mchips/s)' (1.2288), 'Search window size (chips)' (100), 'Pilot Inc' (4), 'Offset length (chips)' (64), 'I (μs)' (208), and 'Threshold dBμV/m' (55). There are three buttons on the right: 'OK', 'Cancel', and 'Stations...'. The 'Threshold dBμV/m' field has a small '...' button next to it.

PN codes

☐ PN code aliasing

☒ PN code assignment

Available code number 128

Transmission rate (Mchips/s) 1.2288

Search window size (chips) 100

Pilot Inc 4

Offset length (chips) 64

I (μs) 208

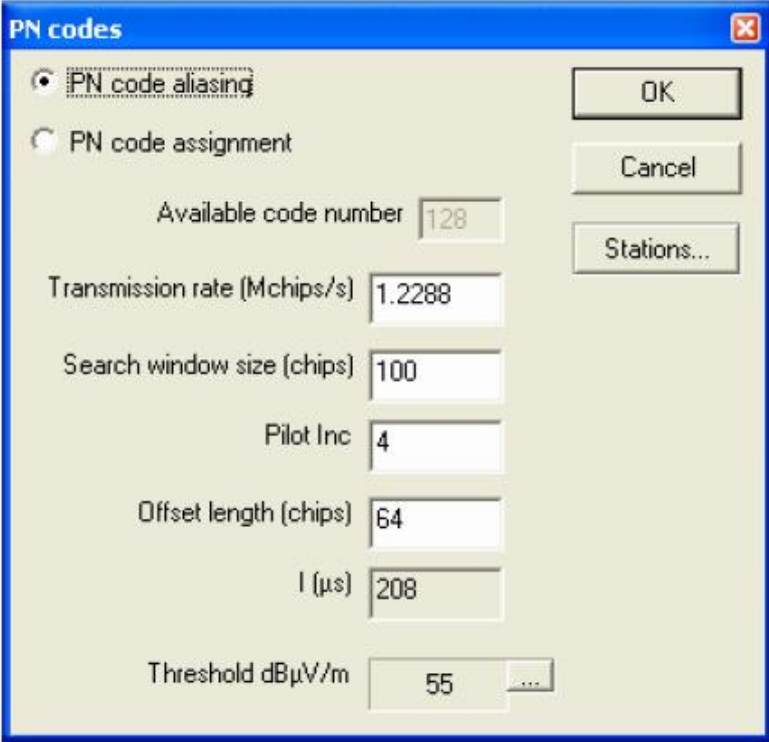
Threshold dBμV/m 55

OK

Cancel

Stations...

PN code aliasing : "Interference" due to the reuse of the codes :



The image shows the same 'PN codes' dialog box, but with the 'PN code aliasing' option selected. All other settings and buttons are identical to the previous image.

PN codes

☒ PN code aliasing

☐ PN code assignment

Available code number 128

Transmission rate (Mchips/s) 1.2288

Search window size (chips) 100

Pilot Inc 4

Offset length (chips) 64

I (μs) 208

Threshold dBμV/m 55

OK

Cancel

Stations...

2.6.2. Parameter added to the Station ("Advanced" item)

"PN code" = Integer.

Traffic parameters

Slot/cx	0
Reserved slot	0
Erlang	0.000
% pilot power	15
% paging pow(%)	12
% synch pow(%)	10
Mchips/s	3.840
PN code	0
Bit rate Kbit/s	30000.00

calc...

2.6.3. Input parameters of calculations

- Number of available codes.

The user sets the number of codes that can be used for the assignment.

Available code number = Integer.

- Chip rate, offset increment and offset length.

Chip rate or **Transmission rate (Mchips/s)** = 1.2288 Mchips/s in IS 95.

Offset increment (Pilot Inc) = Integer.

Offset length in chips = Integer. In IS 95, Offset length=64.

Remark : The number of available codes can be determined in the following way :

- **Register's size** = Integer. In IS 95, register's size =15.
- \Rightarrow Number of codes = $[2^{(\text{register's size})}] / [(\text{Pilot Inc}) * (\text{Offset length})]$

Example in IS 95 with Pilot Inc=4 ,

Available code number = $[2^{(15)}] / [(4) * (64)] = 128$.

- Search window size.

Search window size (chips) = Integer. Between 4 and 200 in IS 95.

The receiver is looking for PN codes inside this window.

- Chip separation between to adjacent codes.

The chip separation (I) between two adjacent codes is calculated in the following way (in μs) :

$$I(\mu s) = (\text{Pilot Inc}) * (\text{Offset length in chips}) / (\text{Transmission rate in Mchips/s}).$$

2.6.4. *"Interference" (aliasing) rules between PN codes*

We consider that interference can occur only between same codes and adjacent codes.

Adjacent codes are the ones which numbers are following one with each other (1 et 2, 38 et 39, ...).

An interference map is built in the following conditions:

- on each point receiving at least one signal above the threshold.
- the delta TOA reference is starting from the first signal received above the threshold ((TOA always ≥ 0))
- Co PN offset.

2 stations are interfering on one point if :

$$\text{TOA}(\mu s) \leq (\text{SEARCH WINDOW SIZE}) / (\text{Transmission rate in Mchips per s}) / 2.$$

In, that case, we cannot reuse the same code.

This is corresponding to a minimum separation distance between two stations to AVOID this kind of interference.

- Adjacent PN offset.

2 stations are interfering on one point if :

$$\text{TOA}(\mu s) \geq I(\mu s) - [(\text{SEARCH WINDOW SIZE}) / (\text{Transmission rate in Mchips per s}) / 2].$$

In, that case, we cannot use adjacent codes.

This is corresponding to a maximum separation distance between two stations to AVOID this kind of interference.

2.7. MGW System analysis

MGW system has two main aspects:

- The Frequency Hopping CDMA.
- The Subscribers connections.

2.7.1. *Frequency Hopping CDMA*

Frequency assignment and interference calculations in Frequency Hopping CDMA systems can be performed with ICS Telecom in two different ways :

- Translate the problem into a fixed frequency analysis.
- Consider frequency hopping with statistical and random analysis.

2.7.1.1. *Fixed frequency analysis*

The user has first to define the total spectrum that he intends to utilise in the system. This spectrum can be made of a continuous band or split in different sub-bands.

Each sector is defined as a fixed frequency transmitter that can use at the same time only one frequency (channel) or multiple channels in the downlink.

The frequency assignment will give as a result the channels that can be simultaneously used in the global system, considering all RPU's. In fact, this has to be analysed as follows :

This result is not directly a frequency assignment as each transmitter will use the whole spectrum allowed, but it gives the frequency or set of frequencies used at a given time. We can then consider that the result provides the best "starting point" of each sequence used by each sector and the best channel separation required between each couple of sectors.

If required, the spectrum band defined as an input can be modified by adding or removing frequencies to improve the results.

Example :

Spectrum used : F1, F2, F5, F6, F7, F8. In the InnoWave system, the delta frequency between F_i and F_{i+1} is 1MHz.

For example :

F1 = 3405 MHz.

F2 = 3406 MHz.

F5 = 3409 MHz.

F6 = 3410 MHz.

F7 = 3411 MHz.

F8 = 3412 MHz.

Band	*Bandwidth (MHz)	Frequency max (MHz) Max Tx frequency	Frequency min (MHz) Min Tx frequency	Step (MHz)	Duplex spacing (MHz)	sub band
Band 1 <input checked="" type="checkbox"/>	1.00000	3406.00000	3405.00000	1.00000	0.00000	...
Band 2 <input checked="" type="checkbox"/>	1.00000	3412.00000	3409.00000	1.00000	0.00000	...
Band 3 <input type="checkbox"/>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00050	0.00000	...
Band 4 <input type="checkbox"/>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00050	0.00000	...
Band 5 <input type="checkbox"/>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00050	0.00000	...

*not assigned

☒ Duplex spacing fixed
☐ Duplex spacing minimum

☒ Fast assignment
☐ Excluded frequencies

Minimum frequency spacing on same station between Tx/Rx cx (MHz) >= 1.00000
 Number of pass: 3

Save Load Preview Assign Cancel

This spectrum also defines the frequency hopping sequence used by each sector, also called the "hopping set".

5 sectors (mono channel) : BST1, BST2, BST3, BST4, BST5.

Frequency assignment result :

BST1 uses frequency F2.

BST2 uses frequency F7.

BST3 uses frequency F1.

BST4 uses frequency F8.

BST5 uses frequency F2.

Analysis : The best solution is :

BST1 uses "start index 2".

BST2 uses "start index 5".

BST3 uses "start index 1".

BST4 uses "start index 6".

BST5 uses "start index 2".

Note: The multi-channel is an option that is not clearly defined in the InnoWave documentation. To be checked.

The interference analysis can then be performed with the frequencies set after the assignment.

Data required : (C/I) ratios required in cochannel, in adjacent channels and maybe N+/-2 channels. The Innowave documentation assumes that no interference problem is expected when the channel separation is 2MHz (2 channels).

2.7.1.2. Frequency hopping

ICS Telecom can also take into account frequency hopping transmitters and perform frequency assignment and interference calculations with these kind of stations. But in this case, we have to enter in a random mode that will take into account a probability of collision in time and probability of collision in frequency. In this case, the assignment can also choose the best starting index of each sequence.

Frequency hopping transmitter (parameter box):

Tx/Rx parameters

General | Patterns | Channels | Site | Advanced | Radar

Type: Tx/Rx A | Signal: radiocom | No 1 | activated | Parameter: 3 | color: [a] [1]

Tx/Rx:
 Nominal power (W): 1.0000
 Dynamic (dB): 0
 Tx ant. gain (dB): 0.00
 Rx ant. gain (dB): 0.00
 Losses (dB): tx 0.00 rx 0.00
 Add losses (dB): 0.00
 EIRP (W): 1
 Frequency (MHz): 3400.50000
 Antenna height (m): 15.00
 Tx bandwidth (KHz): 1000.00
 Rx bandwidth (KHz): 1000.00

Coverage:
 none
 delete info

Mode:
☐ variable power
☐ fixed power
☐ fixed frequency
☒ freqhop/wide band
☐ variable elevation
☐ fixed elevation

Info:
 Callion: Test | Status: Unknown (0)
 address: | date: 2002/01/18 | program: jaygennod
 info (1): | type: C
 * info (2): | link: LS
 Network ID: | group: ICS
 * user: | cell number: 0
 Repeat... Multimedia...

equipment base: EQ 1
 Load TRX Save TRX Load TBS equipment table ortho record 0

OK Cancel

Tx/Rx frequency hopping / wide band parameters

sub band	low freq (MHz)	high freq (MHz)
1	3405.0000	3406.0000
2	3408.0000	3412.0000
3	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000

return load save gain curve

Step (KHz): 1000.00 Bandwidth: |
 Channel scanning speed (ms): 2.0000
 Repetition period (ms): 8.0000 |
 Start index (subband no, 0=rand): 0

Frequency hopping assignment including "Start index assignment":

☒ Group assignment - multi-channels

☐ Keep number of channels defined for each station

☒ Start index assignment (Frequency Hopping mode)

Group... Number of groups: 0

2.7.2. Subscribers connections

The different Fixed Access Units (FAU) can be modelled using a Subscriber database. The first step consists of defining the traffic the user intends to offer to each FAU.

Then, each subscriber can be modelled as follows:

Subscriber parameters

Call-sign: c527024 Site color: [black] Location: 900710.00000 2133398.00000 1 M/G Site code: [] upd file... p f
Ref. Coord. 1FR5

Basic parameters

Nominal power (W): 0.0100000
Dynamic (dB): 30
Tx ant gain (dBi): 35.00
Rx ant gain (dBi): 35.00
Losses (dB): tx 1.00 rx 1.00
Tx add losses (dB): 0.00
Frequency (MHz): 26050.00000
Antenna height (m): 4.00
Azimuth (0-359°): 33.63
Tilt (-89° +89°): 2.979

Interference parameters

Tx bandwidth (KHz): 28000.00
Rx bandwidth (KHz): 28000.00
KTBF (dBm)*: -100 calc...
Noise floor (dBm): -100
TIL (dBW): -137 S7...
Launch delay (us): 0
Carrier (dBm): -70 sat...
Threshold (dBu): 35
Ec/No required (dB): 0
Eb/No (dB) rev/low: 0 0
Link availability %: 0.00000
X polar. disc. (dB): 0.00
Modulation: QPSK

Administrative info

address: 19 rue de l'Arcade
info (1): Company 44
info (2):
Network ID: F
user: Base...
date: 20011114 yyyymmdd
type:
link: LS
group: ICS
cal number: 0
attached: 0 Base...
Multimedia...

Traffic parameters

Kbit/s: 2000.00 down up: 2000.00
Mcps: 0.000 Activity: 100
Lines: 20 Erlang: 0.000
RPE 2D files: [] select antenna
RPE 3D files: []

Patterns

Diam/size (m): 0.0
H-pattern
V-pattern
H/V zoom
3D
Load
View
3D convert
Parabol
639 1245
455 29 27

Subscriber type: Tx/Rx A
Subscriber status: Unknown (0)

Initial power: 0.01000 W
Init
E.I.R.P (W): 25.11896406

Polar Tx/Rx:
V H C M
V H C M

Standard antenna
MIMO/adaptive antenna
No. arrays: 0 upd gains
T/R database ant. database odbc equip. table equip. database Load Save Close Cancel

If the system has to deal only with phone calls, the connections can be made with a control of Grade Of Service, using Erlang B formula. According to the MGW system, each sector can contain up to 8 lines (see the advanced tab of the Tx/Rx parameter box) and each subscriber can use a given number of lines (1 or 2 for example).

Subscriber parenting

Down link

☐ Connecting to first server - field strength(!)
☐ Connecting to best server - field strength(!)
☐ Connecting to nearest server - field strength(!)
☐ Connecting to best server - control bandwidth
☐ Connecting to nearest server - control bandwidth
☐ Gain diffusion
☐ Connecting to best server - control bit rate*(!)
☐ Connecting to nearest server - control bit rate*(!)
☐ Sort sub ☐ adaptive mod... ☐ site dispatch (trig)
☐ Connecting to best server - control lines*(!)
☐ Connecting to nearest server - control lines*(!)
☐ adaptive modulation...
☐ Connecting to best server - interference(!)
 Min C/N+I for parenting dB ☐ Check bit rate*
☒ Connecting to best server - control grade of service(!)
☐ Connecting to nearest server - control grade of service(!)
 GoS to achieve (%) ☐ P delayed calls
 Call duration (s) ☒ Erlang B
 Delay objective (s) ☐ Erlang C
☐ Control lines
☐ Connecting to best C/N+I (COFDM) - control bit rate(!)
 Min C/N+I for parenting dB ☐ Check bit rate*
 Guard interval (usec)
 Usable symbol (usec)

☐ Report
☐ Orphan only
☐ Control BST sector
☐ Reliability**
 %:

 Threshold

 ** threshold with no margin included

*Keep current status - (!)FF and FH

If the system has to deal with voice+data connections, the traffic can be modelled in bit rate and the connections are made in control bit rate. Each sector can offer a maximum traffic in kbits/s (see the Advanced tab of the Tx/Rx parameter box) and each subscriber will ask for a given bit rate.

2.8. Adaptive modulation

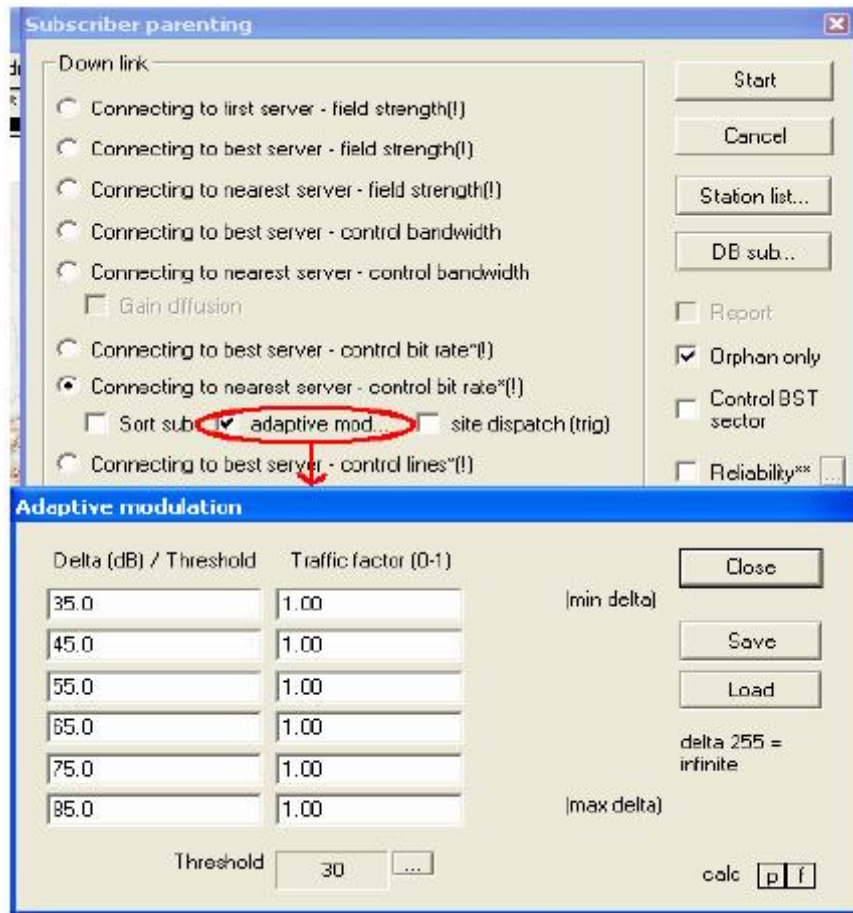
2.8.1. Principles

In order to easy the use of receiving thresholds expressed in dB μ V/m the following principles have been implemented in the tool:

- First, define in the "Threshold (dB μ V/m)" field of each subscriber the requirement in terms of minimum field strength received corresponding to the lowest value among the possible modulations used.

This value expressed in dB μ V/m takes into account the requirement expressed in dBm and the receiving antenna gain/losses. We then have to define a different value for each antenna gain used on subscribers. We have then a reference value for the minimum FSR. Define also the bit rate demand (down) corresponding to the modulation used as reference.

- Set the station parameters with the maximum power that can be transmitted among the possible modulations used.
- Then, calculate the difference in dB between the threshold to be considered for another modulation and the minimum FSR requirement reference. This value takes into account the delta between the different thresholds expressed in dBm and the power offset to be considered. Thus delta value does not depend on the receiving antenna gain.
- Then to open the Adaptive modulation window go to subscribers → parenting → global parenting:



- set the threshold to "auto" (=0, the subscriber's Threshold (dB μ V/m) field will be used);
- set the different "Delta (dB)/min FSR" values (dB \geq 0). 255 dB means not used.
- set each traffic factor.

In that case, each downlink connection between a station and a subscriber will use as a minimum FSR : [the subscriber's Threshold (dB μ V/m)]+ [the corresponding delta value]. The traffic demand will also take into account the "Traffic factor". The additional traffic load on the base station, in case of possible connection with the minimum FSR required, will be : [Subscriber's bit rate demand]*[Traffic factor].

2.8.2. Example

Given the following system using $f = 26\text{GHz}$.

Minimum FSR given in dBm (without Power offset taken into account). These values are given by the equipment, without any calculation:

		Rx gain (dB)			Power offset (dB)	Max Bit rate (down) kbits/s
		15	20	30		
Modulation	QPSK	-88 dBm	-88 dBm	-88 dBm	0	512
	16 QAM	-85 dBm	-85 dBm	-85 dBm	-2	1024

Minimum FSR given in dB μ V/m, delta (dB) and traffic factor. These values are computed with the power offset taken into account :

		Rx gain (dB)			Power offset (dB)	Max Bit rate (down) kbits/s	Traffic Factor
		15	20	30			
Modulation	QPSK	63 dB μ V/m	58 dB μ V/m	48 dB μ V/m	0	512	1
	16 QAM	68 dB μ V/m	63 dB μ V/m	53 dB μ V/m	-2	1024	0.5
Delta (dB) (min 16 QAM)-(min QPSK)		5	5	5			

The "Threshold (dB μ V/m)" field of the subscribers has to be defined with:

- 63 dB μ V/m for a 15dB Rx antenna gain;
- 58 dB μ V/m for a 20dB Rx antenna gain;
- 48 dB μ V/m for a 30dB Rx antenna gain.

The "Adaptive modulation" window is then set as follows :

Adaptive modulation

Delta (dB) / Threshold	Traffic factor (0-1)
0.0	1.00
5.0	0.50
255.0	1.00
255.0	1.00
255.0	1.00
255.0	1.00

Threshold: 30

Buttons: Close, Save, Load, calc (p, f)

Notes: (min delta), (max delta), delta 255 = infinite

ACRÒNIMS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AICH	Acquisition Indicator Channel
AuC	Authentication Center
BER	Bit Error Rate
BLER	Block Error Rate
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CCH	Control Channel
CDMA	Code Division Multiple Acces
CDMA	Code Division Multiple Acces
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications administrations
CN	Core Network
CPICH	Common Pilot Channel
CS	Circuit Switch
DL	Downlink
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access

IMSI	International Mobile Subscriber Identity
LAI	Location Area Identity
MCC	Mobile Country Code
ME	Mobile Equipment
MNC	Mobile Network Code
MS	Mobile Station
MS	Mobile Subscriber
MSC	Mobile services Switching Center
MSIN	Mobile Subscriber Identification Numbet
MSISDN	Mobile Station International ISDN Number
NSS	Network and Switching Subsystem
OMC	Operations and Maintenance Center
OSS	Operation and Support System
P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel
PICH	Pilot Channel
PS	Packet Switch
P-SCH	Primary Synchronisation Channel
PSTN	Public Switched Telephone Network
P-TMSI	Packet Temporary Mobile Subscriber Identity
RAB	Radio Access Bearer
RAI	Routing Area Identity
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RRM	Radio Resource Management
SCCPCH	Secondary Common Control Physical Channel
S-SCH	Slotted Seeded Channel Hopping

TCH	Traffic Channel
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Acces
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TRAU	Transcoder Rate Adaptation Unit
UE	User Equipment
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Service
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Acces
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Acces Network
VLR	Visitor Location Register
W-CDMA	Wide band Code Division Multiple Acces

BIBLIOGRAFIA

- [1] Krüger, R. And Mellein, H., *UMTS Introduction and Measurement*, Rohde&Schwarz GmbH&Co.KG, Alemanya, 2004.
- [2] Laiho, J., Wacker, A. and Novosad, T., *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*, John Wiley& Sons, LTD, Anglaterra, 2006.
- [3] Castro, J.P., *The UMTS Network and Radio Acces Technology*, John Wiley& Sons, LTD, Anglaterra, 2001.
- [4] Kaarenen, H., Ahtiainen, A., Laitinen, L., Naghian, S. and Niemi, V., *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services*, John Wiley& Sons, LTD, Anglaterra, 2005.
- [5] 3GPP, TS 25.401 V3.10.0 (2002-06), *UTRAN Overall Description (Release 1999)*.
- [6] 3GPP, TS 25.401 V3.0.0 (1999-10), *UTRAN Overall Description*.
- [7] 3GPP, TS.23.107, *Quality of Service (QoS) concept and architecture*.
- [8] Martínez, E., "El ABC de CDMA" , *RED*, 2001